ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 14 MARS 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE. — *Phosphorescence des sels d'uranyle aux très basses températures.* Note de MM. **Henri** et **Jean Becquerel** et **H. Kamerlingh Onnes**.

On a vu, dans un travail précédent [1], que les bandes d'émission et d'absorption des sels d'uranyle, plus ou moins larges et diffuses à la température ordinaire, se subdivisent à la température de l'air liquide en bandes multiples parfois très fines.

Au laboratoire cryogène de l'Université de Leyde, nous avons pu étendre les recherches jusqu'à la température de l'hydrogène solide (14° K). L'appareil employé a été décrit antérieurement en détail [2]: nous rappellerons seulement que le spectrographe comprenait un réseau plan de Rowland et une lentille de $1^{m},30$ de distance focale fonctionnant par auto-collimation. Les substances phosphorescentes étaient placées dans un tube de verre mince et introduites dans un tube vacuum renfermant soit de l'air ou de l'azote liquide, soit de l'hydrogène liquide convenablement protégé; elles étaient vivement éclairées par de la lumière violette.

Déplacement et position limite des bandes. — Lorsque la température s'abaisse jusqu'au point de solidification de l'hydrogène, les bandes de phosphorescence des sels d'uranyle deviennent de plus en plus fines. *L'abaissement de température déplace les maxima d'émission vers les petites longueurs d'onde:* ce fait avait été signalé dans une Note précédente, mais il n'avait

---

[1] Henri Becquerel, *Comptes rendus*, t. CXLIV, 1907, p. 459 et p. 671.

[2] Jean Becquerel et H. Kamerlingh Onnes, *Comm. Leiden*, n° 103; *Le Radium*, t. V, p. 227.

pas été démontré que le déplacement du maximum fût la conséquence d'un changement de période des mouvements lumineux. L'observation des spectres aux températures où les bandes sont nettement séparées, entre 80° K (azote liquide) et 14° K (hydrogène solide), permet de suivre les variations de chacune d'elles et de constater qu'il s'agit bien d'un déplacement sous l'influence des variations de température. Voici, par exemple, les longueurs d'onde (mesurées par comparaison avec le spectre du fer) des bandes les plus intenses du sulfate double d'uranyle et de potassium :

A 80° K (azote liquide)........	$511^{\mu\mu},48$	$534^{\mu\mu},24$	$559^{\mu\mu},09$	$586^{\mu\mu},31$
A 20° K (hydrogène liquide)...	$511^{\mu\mu},35$	$534^{\mu\mu},10$	$558^{\mu\mu},89$	$586^{\mu\mu},05$

Les déplacements sont beaucoup plus faibles que ceux qu'on observe entre la température ordinaire et 80° K ($2^{\mu\mu}$ à $3^{\mu\mu}$).

Entre 20° K et 14° K les déplacements sont à peine perceptibles (ordre de $0^{\mu\mu},01$). *Il semble que la position des bandes s'approche asymptotiquement d'une position limite quand la température s'abaisse.* Ce changement est de même nature que le changement du volume et probablement que le changement de la constante diélectrique.

Comparaison des divers groupes de bandes d'un même sel. — Le spectre de phosphorescence d'un sel d'uranyle est constitué par 7 ou 8 groupes qui se reproduisent de distance en distance avec des aspects, sinon identiques, du moins peu différents entre deux groupes consécutifs. Seuls les groupes les plus réfrangibles possèdent souvent un aspect différent des autres.

Nous appellerons *bandes homologues* celles qui, dans les divers groupes, occupent les mêmes positions relatives. *Les différences d'aspect entre les groupes proviennent seulement de changements progressifs dans les intensités relatives des bandes de ces groupes.*

On remarque que tous les sels d'uranyle contenant un même acide et d'autres bases jointes au groupe uranyle ont des spectres de même aspect d'ensemble.

La constitution du spectre dépend donc principalement de la nature de l'acide qui forme le sel et n'est que peu influencée par les autres bases. Ce fait, qui avait été signalé depuis longtemps par Edmond Becquerel, est maintenant plus solidement établi par les observations à des températures où les bandes n'empiètent plus les unes sur les autres.

Loi de succession des bandes. — On sait que les larges bandes observées à la température ordinaire se succèdent à des intervalles tels que la différence des nombres de vibrations soit à peu près constante d'une bande à la sui-

vante ([1]). Mais ces bandes étant larges et complexes, on ne pouvait fixer le degré d'approximation de la relation précédente.

Aux basses températures, on peut déterminer avec une assez grande précision les positions des bandes fines. Nous donnons ailleurs ([2]) les tableaux de mesures de plusieurs séries de bandes homologues de différents sels.

Entre deux bandes homologues consécutives la différence des fréquences est sensiblement constante, non seulement pour une même série, mais pour toutes les séries de bandes homologues d'un même sel. De plus, la constante qui exprime la différence des fréquences entre deux bandes homologues consécutives est peu différente d'un sel à l'autre.

Les écarts à cette loi sont très faibles : il est probable toutefois qu'ils ne résultent pas entièrement des erreurs de mesure et que la différence des fréquences diminue d'une quantité extrêmement petite lorsque les longueurs d'onde augmentent.

Nous avons indiqué le rôle de l'acide dans la constitution du spectre. Il faut remarquer maintenant que, bien que les spectres diffèrent d'un sel à l'autre, l'uranium leur imprime un caractère qui lui est propre, en imposant pour tous ses sels la loi énoncée.

Il convient de rappeler que cette loi, la plus simple qui puisse régir la succession des bandes, était depuis longtemps considérée comme approchée. Comme elle révélait une constitution moléculaire particulièrement remarquable au point de vue des phénomènes lumineux, elle a attiré l'attention sur les sels d'uranyle et a été l'origine des expériences qui ont amené la découverte de la radioactivité ([3]).

Caractère des spectres. — Les groupes les plus intenses, situés dans le vert, sont formés de bandes nombreuses, mais les groupes orangés et rouges sont plus simples et sont, pour beaucoup de sels, constitués par une succession de bandes rapprochées qui affectent l'aspect des groupes de bandes dans les spectres cannelés des gaz. Ainsi, avec le sulfate d'uranyle, les groupes sont formés d'une tête assez intense située du côté des longueurs d'ondes décroissantes suivie de 7 ou 8 bandes régulièrement espacées et de plus en plus faibles. Chacune de ces bandes a un aspect légèrement dissymétrique, le bord côté violet étant le plus net.

Les bandes ne sont ni assez fines ni assez nombreuses pour qu'on puisse

---

([1]) Henri Becquerel, *Comptes rendus*, t. CI, 1885, p. 1252.

([2]) *Akad. Amsterdam*, 23 avril 1909, p. 1045; *Comm. Leiden*, n° 110.

([3]) Henri Becquerel, *Comptes rendus*, t. CXXII, 24 février 1896, p. 420.

affirmer qu'elles suivent les lois données par M. Deslandres pour les bandes des gaz. Cependant la même relation se vérifie autant qu'il est possible de le faire. Il nous semble donc que ces spectres sont des spectres cannelés d'une nature analogue à celle des spectres de bandes des gaz.

Dans un champ magnétique dépassant 20000 *gauss, nous n'avons obtenu aucune action sensible sur les bandes fines observées à* 14°K. Récemment l'un de nous, avec le précieux concours de M. Pierre Weiss, a soumis quelques sels d'uranyle, refroidis à —190°, aux champs intenses obtenus avec le puissant électro-aimant du Polytechnicum de Zurich; *aucune influence ne s'est encore manifestée dans un champ de* 35000 *gauss*. Ce résultat constitue une nouvelle analogie avec les spectres de bandes des gaz, qui en général se montrent insensibles à l'action d'un champ magnétique ([1]).

Relation entre l'émission et l'absorption. Bandes renversables. — L'expérience suivante montre d'une façon frappante que certaines bandes peuvent être à volonté bandes d'émission ou bandes d'absorption : on fait passer un faisceau de lumière blanche au travers d'une lame d'*autunite* (minéral dont on obtient par clivage des lamelles transparentes); on observe le spectre d'absorption, puis on diminue progressivement l'intensité de la lumière transmise pendant qu'on éclaire avec de la lumière violette de plus en plus intense la face tournée du côté du spectroscope. *Certaines bandes se renversent en se transformant sur place en bandes d'émission.* Cette expérience, réalisable aux plus basses températures, ressemble à l'expérience classique du renversement des raies du sodium.

Dans tous les sels d'uranyle, les bandes renversables ne se rencontrent que dans les deux groupes les plus réfrangibles du spectre d'émission. Les notables différences d'aspect entre ces derniers groupes et les groupes moins réfrangibles sont dues principalement aux bandes renversables.

La série des bandes homologues non renversables, qui succèdent aux bandes renversables dans les autres groupes d'après la loi de la différence constante des fréquences, est liée tout entière par cette loi à une bande d'absorption.

Il est important de rappeler que les bandes d'absorption des sels uraneux, *qui ne sont pas phosphorescents*, forment aussi des groupes régulièrement distribués avec la même loi de succession.

Nature de la phosphorescence des sels d'uranyle. — Les sels d'uranyle

---

([1]) Il faut excepter toutefois les divers cas découverts par M. A. Dufour.

doivent être considérés comme formant une classe nettement à part parmi les substances phosphorescentes.

On sait, en effet, d'après les travaux d'Edmond Becquerel et de MM. Verneuil, Lecoq de Boisbaudran, Lenard et Klatt, Urbain, sur les sulfureux alcalino-terreux et les terres rares, que les corps purs ne sont pas phosphorescents. L'existence d'un phosphorogène, corps dilué en faible proportion dans la substance principale, est nécessaire, et il existe pour chaque bande un optimum (déterminé par une certaine proportion du corps dilué) auquel correspond le maximum de lumière. Enfin, le *spectre de phosphorescence est caractéristique des traces de matières en état de dilution.*

Il en est tout autrement pour les sels d'uranyle : pour aucune de leurs bandes on n'a observé d'optimum, et *les spectres sont dus à l'uranium lui-même*, puisque leurs caractères se retrouvent dans les spectres d'absorption de tous les sels d'uranium, qu'ils soient ou non phosphorescents.

Les sels d'uranyle ne pourraient rentrer dans la même catégorie que les autres substances phosphorescentes que si l'uranium était toujours accompagné d'un métal inconnu auquel appartiendraient les spectres d'absorption et de phosphorescence. Il est plus logique de penser que les sels d'uranyle émettent de la lumière par eux-mêmes, sans renfermer nécessairement à l'état dilué une substance indépendante de l'uranium.

On remarquera toutefois que, comme dans les autres phosphores, les centres lumineux doivent être très raréfiés. L'étude de la dispersion dans les cristaux de terres rares a montré que les centres produisant l'absorption sélective sont en très faible proportion par rapport au nombre total des molécules (Jean Becquerel). Avec les sels d'uranyle, la liaison entre l'émission et l'absorption rend probable la même conclusion pour les bandes de phosphorescence.

L'origine des centres lumineux dans les sels d'uranyle reste encore inexpliquée. Il n'est pas impossible qu'il existe une relation entre les propriétés radioactives et les propriétés lumineuses de ces substances. L'émission des particules α et β met sans doute en mouvement toutes les parties constituantes de l'atome d'uranium, et peut-être pendant cette phase d'instabilité l'atome se trouve-t-il particulièrement apte à subir, sous l'influence de la lumière excitatrice, l'effet photo-électrique (1). Des molécules conte-

(1) On sait que, d'après les belles recherches expérimentales et théoriques de M. Lenard sur les sulfures phosphorescents, la phosphorescence a pour cause première un effet photo-électrique.

nant un atome en voie de transformation radioactive, ou encore des groupements complexes renfermant de semblables molécules pourraient être l'origine des centres lumineux. L'uranium porterait ainsi avec lui-même la cause de la phosphorescence sans l'intervention d'aucun métal étranger.

Cette hypothèse offre l'intérêt de rapprocher l'une de l'autre deux propriétés exceptionnelles de l'uranium, mais il ne faut pas se dissimuler qu'elle entraîne de grandes difficultés, surtout en raison de l'extrême rareté des atomes en évolution.

Nous remarquerons encore que la quantité de lumière émise ne paraît pas diminuer d'intensité lorsqu'on abaisse la température jusqu'à 14° K (— 259° C.). L'émission est toujours de courte durée, et, même si l'excitation est produite à 14° K, il ne se manifeste aucune thermoluminescence pendant le réchauffement.

Toutes ces propriétés sont bien particulières aux sels d'uranyle et leur donnent une place à part parmi les phosphores.

La conclusion de cette étude est que l'explication de la phosphorescence des sels d'uranyle doit être recherchée dans des mouvements contenus dans l'atome de l'uranium lui-même, et dans la structure des molécules qui renferment cet atome.

On peut imaginer que le mécanisme de la phosphorescence se produit, soit dans des centres complexes où l'uranium est le seul métal actif, soit simplement dans l'atome d'uranium et dans le groupe uranyle.

En suivant les idées développées dans la belle théorie de M. Lenard, on peut admettre que, sous l'influence photo-électrique de la lumière, des électrons sont projetés hors de la position qu'ils occupaient dans certains atomes d'uranium, puis s'arrêtent dans une autre partie de l'atome ou du radical et y restent temporairement. Après un temps très court ils reviennent aux positions primitives d'équilibre en produisant une émission de lumière.

Le retour rapide des électrons, presque immédiat même aux plus basses températures, montre que la résistance à leur mouvement est toujours très faible. Ce résultat est favorable à l'hypothèse d'une localisation des mouvements dans l'atome d'uranium ou dans l'uranyle.

Bien entendu, ces mouvements des électrons, et par suite les bandes du spectre, sont variables d'un sel à l'autre, car ils sont soumis à l'influence du champ électrique des autres atomes unis à l'uranyle dans une même molécule.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre de la comète* 1910*a*. Note de MM. H. **Deslandres** et P. **Idrac**.

L'Observatoire de Meudon a déjà publié une Note sur la même comète, sous le titre : *Premières observations faites à Meudon sur la comète Drake ;* le nom de Drake étant d'ailleurs impropre comme on l'a su depuis (¹). Cette première Note expose les recherches sur l'éclat et la forme de la comète, faites avec l'œil ou la plaque photographique, et aussi l'étude spectrale poursuivie avec des chambres prismatiques. Ces derniers appareils conviennent en effet pour une première reconnaissance; ils donnent avec la pose minima les traits généraux du spectre et pour la comète entière.

Cependant l'Observatoire a employé aussi le spectrographe ordinaire à fente, qui est supérieur pour la mesure précise des longueurs d'onde, et nous donnons ici le résultat obtenu.

L'appareil, déjà utilisé pour les comètes Daniel et Morehouse, est simple. Il comprend un objectif astronomique qui a seulement 10^{cm} d'ouverture et 80^{cm} de distance focale, et un spectrographe à deux prismes avec un collimateur de $0^{m},30$ et une chambre de $0^{m},12$. Toutes les parties sont de petite dimension; mais la chambre finale offre une grande concentration de lumière, le rapport d'ouverture étant voisin de $\frac{1}{3}$. De plus, le spectrographe entier est mobile autour de l'axe du collimateur, ce qui permet de placer la fente sur la queue et le noyau de la comète.

Nous avons obtenu une seule épreuve vraiment bonne, et dans la soirée du 29 janvier qui a été très belle. La pose, qui a été commencée avant la fin du crépuscule, n'a pu être prolongée au delà de 45 minutes; mais le spectre cométaire, encadré entre deux spectres de l'étincelle de fer, est suffisamment intense et s'étend de λ 500 à λ 380.

Le noyau offre un spectre continu avec des condensations nettes, dont quelques-unes se prolongent un peu dans la tête et dans la queue. La mesure de ces condensations en longueurs d'onde est résumée dans le Tableau ci-après.

(¹) Voir les *Comptes rendus* du 31 janvier 1910, t. 150, p. 253, par H. Deslandres, A. Bernard et C. d'Azambuja.

Comète.		Corps observés au laboratoire.		
Intensités des radiations observées.	Longueurs d'onde des radiations observées.	Intensités des radiations.	Longueurs d'onde des radiations.	Corps correspondants.
5..........	473,75	4	473,72	Groupe de bandes bleu des hydrocarbures
6..........	471,65	3	471,53	
8..........	468,65	1	468,40	
2..........	de 438 à 435		438,19 437,13 436,5	Hydrocarbures
Condensation nette à....	436,65			
	431,7		431,5	Hydrocarbures (?)
	430,75		430,80	Raie noire solaire G
6..........	421,6	5	421,61	Cyanogène
3..........	419,65	4	419,72	
1..........	412,3		?	
1,5..........	408,40		408,35 408,17	Hydrocarbures
2..........	402,10		402,24	Com. Morehouse (?)
9..........	388,30	10	388,36	Cyanogène
7..........	386,75	8	387,15 ; 386,21 — Moyenne 386,68	

Le spectrographe à fente confirme donc les résultats antérieurement publiés des chambres prismatiques pour la même date : la comète présente les spectres complets des hydrocarbures et du cyanogène [1].

De plus, la mesure exacte des longueurs d'onde et la séparation plus nette des radiations, assurées par le spectrographe à fente, décèlent et mettent en relief plusieurs points curieux.

Les bandes du groupe bleu des hydrocarbures ont des intensités relatives différentes dans la comète et dans les sources de laboratoire; les bandes les plus intenses sont les plus réfrangibles dans la comète, contrairement à ce qui se passe avec l'arc électrique ou le brûleur Bunsen. Le même fait avait été signalé déjà dans plusieurs comètes, dès le début de l'application de l'analyse spectrale, et pour les bandes jaunes et vertes des hydrocarbures; il est très net avec la bande bleue de la comète actuelle.

On a aussi rapporté aux hydrocarbures le groupe de condensations de $\lambda\,438$ à $\lambda\,435$, et la condensation $\lambda\,408$; car elles sont très voisines de bandes

(1) Le spectre du cyanogène a les bandes les plus intenses, mais il n'est pas absolument complet, le groupe $\lambda\,460$ faisant défaut ou se détachant mal sur le spectre continu.

que Deslandres, d'après une Note déjà ancienne (1891), a rattachées par le calcul au spectre des hydrocarbures, en partant de la loi générale de distribution des bandes posée par lui en 1885, et des bandes déjà connues des hydrocarbures (¹). Le groupe λ438 a été retrouvé dans l'arc électrique, mais le groupe λ408 n'a pas encore été signalé dans aucune source connue. Le spectre des hydrocarbures, ainsi que celui de l'hydrogène, développerait ses harmoniques plus aisément dans les astres que dans les sources terrestres.

La condensation λ402 a été rapprochée de l'une des trois radiations nouvelles et intenses qui ont été reconnues dans les comètes Daniel et Morehouse; mais les autres manquent, et en particulier la radiation λ426, qui est légèrement la plus intense. Nous avions pensé que ces radiations pourraient apparaître pour une distance déterminée de la comète au Soleil; cette épreuve unique, de pose relativement courte, ne permet aucune conclusion.

Enfin l'épreuve montre un spectre continu avec les raies noires les plus larges du spectre solaire; même la raie G se détache noire dans le spectre du noyau. Comme la pose a commencé avant la fin du crépuscule, une partie au moins de ce spectre continu est due à notre atmosphère.

Le 29 janvier, la comète 1910*a*, dont les varations spectrales ont été déjà décrites (voir la Note précédente), avait un spectre semblable, dans ses traits généraux, à celui que présente actuellement la comète de Halley, étudiée aussi et suivie à Meudon. L'Observatoire, qui a publié en décembre dernier ses premiers résultats sur la comète de Halley, lui consacrera prochainement une Note nouvelle.

HYDRODYNAMIQUE. — *Propagation verticale, aux grandes profondeurs, du mouvement des ondes par émersion dans les cas d'un canal ou d'un bassin horizontalement indéfinis.* Note de M. **J. Boussinesq.**

I. La méthode que j'ai suivie, vers 1880, pour traiter le problème des ondes par émersion dans un canal ou un bassin indéfinis de grande profondeur (²), et qui consiste à diviser la difficulté en faisant intervenir successi-

(¹) *Méthode nouvelle pour la recherche des bandes faibles dans les spectres de bandes. Application au spectre des hydrocarbures* (*Comptes rendus*, t. CXII, 1891, p. 661).

(²) Voir, par exemple, mon *Cours d'Analyse infinitésimale* pour la Mécanique et la Physique (t. II, fascicule II, p. 496* à 515*).

vement diverses équations aux dérivées partielles du problème, dont l'une est du quatrième ordre, conduit à mettre le potentiel φ des vitesses, dans les deux cas du problème *plan* (à coordonnées x, z) et du problème à *trois* coordonnées x, y, z, sous une forme commune

$$(1)\qquad \varphi = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}\int_0^\infty \left[f\left(\frac{\alpha^2}{2}, x, z\right) \text{ ou } f\left(\frac{\alpha^2}{2}, x, y, z\right)\right] \psi\left(\frac{t^2}{2\alpha^2}\right) d\alpha,$$

où $\psi(\gamma)$ désigne la fonction particulière, évaluable de diverses manières,

$$(2)\qquad \psi(\gamma) = \int_0^{\sqrt{\gamma}} \sin(\gamma - \mu^2)\, d\mu, \qquad \text{donnant} \qquad \psi'(\gamma) = \int_0^{\sqrt{\gamma}} \cos(\gamma - \mu^2)\, d\mu,$$

et où f, fonction paire de sa première variable, se trouve définie par l'une des deux formules

$$(3)\qquad \begin{cases} f(\mathrm{T}, x, z) = \mathrm{F}(x + \mathrm{T}, z) + \mathrm{F}(x - \mathrm{T}, z), \\ f(\mathrm{T}, x, y, z) = \dfrac{1}{\pi}\dfrac{d}{d\mathrm{T}} \displaystyle\int_0^{\frac{\pi}{2}} \mathrm{T}\cos\mu\, d\mu \int_0^{2\pi} \mathrm{F}(x + \mathrm{T}\cos\mu\cos\theta, y + \mathrm{T}\cos\mu\sin\theta, z)\, d\theta, \end{cases}$$

de manière à donner soit

$$\frac{d^2 f}{d\mathrm{T}^2} = \frac{d^2 f}{dx^2}, \qquad \text{soit} \qquad \frac{d^2 f}{d\mathrm{T}^2} = \frac{d^2 f}{dx^2} + \frac{d^2 f}{dy^2}.$$

Enfin, la fonction $\mathrm{F}(x, z)$ ou $\mathrm{F}(x, y, z)$, dont dépend l'expression de f, désigne la dénivellation initiale h_0, que représentent ici, d'après les formules (1) de ma précédente Note (*Comptes rendus*, p. 578), les deux intégrales définies

$$(4)\qquad \begin{cases} \mathrm{F}(x, z) = \dfrac{1}{\pi} \displaystyle\int \frac{z\, dm}{z^2 + (x - \xi)^2}, \\ \mathrm{F}(x, y, z) = \dfrac{1}{2\pi} \displaystyle\int \frac{z\, dm}{[z^2 + (x - \xi)^2 + (y - \eta)^2]^{\frac{3}{2}}}. \end{cases}$$

On peut voir, à l'endroit cité de mon *Cours d'Analyse infinitésimale* et aussi dans un Mémoire du Tome XIII (4e série, 1885) de la *Société des Sciences, de l'Agriculture et des Arts de Lille* [1], que cette méthode facilite notablement l'étude des ondes visibles, c'est-à-dire des phénomènes pro-

---

[1] *Applications des potentiels à l'étude de l'équilibre et du mouvement des solides élastiques, avec des Notes étendues sur divers points de Physique mathématique et d'Analyse* (p. 578 à 651).

duits à la surface $z = 0$ [1]. Mais elle paraît moins avantageuse pour le calcul des phénomènes intérieurs. Je vais montrer néanmoins qu'elle fait, assez simplement, connaître les circonstances produites, *sous la région d'émersion*, aux grandes profondeurs z, c'est-à-dire aux distances z de la surface considérables par rapport aux dimensions de cette région, circonstances qu'avait étudiées déjà Poisson aux paragraphes IV et VII de son Mémoire de 1815.

II. A ces grandes profondeurs z, le volume d'émersion est évidemment assimilable à un simple élément dm, dont la verticale sera prise comme axe des z; en sorte que, dans (4), $F(x, z)$ et $F(x, y, z)$ deviendront $\frac{z\,dm}{\pi(z^2+x^2)}$ et $\frac{z\,dm}{2\pi(z^2+x^2+y^2)^{\frac{3}{2}}}$. Les valeurs (3) de la fonction f, où x et y pourront d'ailleurs être annulés puisqu'on se meut, ici, uniquement le long de l'axe des z, deviendront respectivement

$$f(\mathrm{T}, 0, z) = \frac{2z\,dm}{\pi(z^2+\mathrm{T}^2)}, \qquad f(\mathrm{T}, 0, 0, z) = \frac{z\,dm}{\pi}\frac{d}{d\mathrm{T}}\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\mathrm{T}\cos\mu\,d\mu}{(z^2+\mathrm{T}^2\cos^2\mu)^{\frac{3}{2}}}.$$

Après avoir remplacé dans la seconde, sous le signe $\int$, $\mathrm{T}^2\cos^2\mu$ par $\mathrm{T}^2 - \mathrm{T}^2\sin^2\mu$, prenons comme variable d'intégration le produit $\mathrm{T}\sin\mu = \lambda$; et il viendra, par l'effectuation de l'intégration indéfinie,

$$f(\mathrm{T}, 0, 0, z) = \frac{z\,dm}{\pi}\frac{d}{d\mathrm{T}}\left[\frac{\lambda(z^2+\mathrm{T}^2-\lambda^2)^{-\frac{1}{2}}}{z^2+\mathrm{T}^2}\right]_{\lambda=0}^{\lambda=\mathrm{T}} = \frac{dm}{\pi}\frac{d}{d\mathrm{T}}\frac{\mathrm{T}}{z^2+\mathrm{T}^2}.$$

On a donc, en définitive,

$$f(\mathrm{T}, 0, z) = \frac{2z\,dm}{\pi(z^2+\mathrm{T}^2)}, \qquad f(\mathrm{T}, 0, 0, z) = \frac{dm}{\pi}\frac{z^2-\mathrm{T}^2}{(z^2+\mathrm{T}^2)^2};$$

et les deux formules (3), où il reste à remplacer T par $\frac{\alpha^2}{2}$, réduisent les deux expressions (1) du potentiel φ des vitesses à celles-ci,

$$(5) \qquad \varphi = \frac{2\sqrt{2}\,dm}{\pi^2}\int_0^{\infty}\left[\frac{2z}{z^2+\frac{\alpha^4}{4}}, \frac{z^2-\frac{\alpha^4}{4}}{\left(z^2+\frac{\alpha^4}{4}\right)^2}\right]\psi\left(\frac{t^2}{2\alpha^2}\right)d\alpha.$$

---

[1] Voir notamment les pages 634 à 639 de ce Mémoire, pages où sont étudiées les ondes près du lieu d'émersion.

III. Cherchons, par exemple, la dénivellation h, dérivée de φ en t. Une règle de différentiation exposée aux endroits cités donnera immédiatement, en appelant β le quotient de t par α et posant, pour abréger, $\frac{2z}{t^2} = \gamma$ (avec M. Rousier dans sa thèse de doctorat),

$$(6) \qquad h = \frac{2\sqrt{2}\,dm}{\pi^2}\int_0^\infty \left[\frac{2\gamma^2\beta^4}{z(\gamma^2\beta^4+1)},\ \frac{\gamma^2\beta^4(\gamma^2\beta^4-1)}{z^2(\gamma^2\beta^4+1)^2}\right]\psi'\left(\frac{\beta^2}{2}\right)d\beta.$$

Remplaçons $\frac{\gamma^2\beta^4}{\gamma^2\beta^4+1}$ et $\frac{\gamma^2\beta^4(\gamma^2\beta^4-1)}{(\gamma^2\beta^4+1)^2}$, respectivement, par

$$1 - \frac{1}{1+\gamma^2\beta^4} \quad \text{et par} \quad 1 - \frac{3}{1+\gamma^2\beta^4} + \frac{2}{(1+\gamma^2\beta^4)^2}.$$

De plus, rappelons-nous que, parmi les propriétés de la fonction ψ' signalées aux endroits cités, se trouve celle-ci, $\int_0^\infty \psi'\left(\frac{\beta^2}{2}\right)d\beta = \frac{\pi}{4\sqrt{2}}$; et posons enfin, pour abréger,

$$(7) \qquad I_n = \int_0^\infty \frac{\psi'\left(\frac{\beta^2}{2}\right)d\beta}{(1+\gamma^2\beta^4)^n}.$$

Les deux formules respectives de h deviendront aisément

$$(8) \qquad h = \frac{dm}{\pi z}\left(1 - \frac{4\sqrt{2}}{\pi}I_1\right), \qquad h = \frac{dm}{2\pi z^2}\left(1 - \frac{12\sqrt{2}}{\pi}I_1 + \frac{8\sqrt{2}}{\pi}I_2\right).$$

IV. D'après l'expression (2) de la fonction ψ', l'intégrale définie (7) revient à

$$I_n = \int_0^\infty \frac{d\beta}{(1+\gamma^2\beta^4)^n}\int_0^{\frac{\beta}{\sqrt{2}}} \cos\left(\frac{\beta^2}{2} - \mu^2\right)d\mu,$$

ou bien, en écrivant $\beta = \sqrt{2}\nu$, à

$$(9) \qquad I_n = \sqrt{2}\int_0^\infty \frac{d\nu}{(1+4\gamma^2\nu^4)^n}\int_0^\nu \cos(\nu^2 - \mu^2)\,d\mu.$$

Remplaçons μ et ν, assimilés aux deux coordonnées rectangulaires d'un plan, par les deux coordonnées polaires ρ et ω qu'indiquent les formules de transformation $\nu = \rho\cos\omega$, $\mu = \rho\sin\omega$. Il vient aisément

$$I_n = \sqrt{2}\int_0^{\frac{\pi}{4}} d\omega \int_0^\infty \frac{\cos(\rho^2\cos 2\omega).\rho\,d\rho}{(1+4\gamma^2\rho^4\cos^4\omega)^n}.$$

Adoptons au lieu de ρ, comme variable d'intégration, le produit $\alpha = (2\gamma\cos^2\omega)\rho^2$, et posons en outre, d'une part, $\tang\omega = \psi$, d'autre part, pour abréger,

$$(10) \qquad X = \frac{\cos 2\omega}{2\gamma\cos^2\omega} = \frac{1-\psi^2}{2\gamma}.$$

Nous aurons enfin

$$(11) \qquad I_n = \frac{1}{2\gamma\sqrt{2}}\int_0^1 d\psi \int_0^\infty \frac{\cos(X\alpha)\,d\alpha}{(1+\alpha^2)^n}.$$

Or, ici, la valeur de l'intégrale en α, où le paramètre X est positif, se déduit par $n-1$ différentiations en X de la formule de Laplace, bien connue,

$$(12) \qquad \int_0^\infty \frac{\cos(X\alpha)\,d\alpha}{1+\alpha^2} = \frac{\pi}{2}e^{-X}, \qquad \text{ou mieux (1)} \qquad \int_0^\infty \frac{\cos u\,du}{X^2+u^2} = \frac{\pi}{2}e^{-X}X^{-1}.$$

Une seule différentiation suffit pour avoir I_2; et il vient

$$\int_0^\infty \frac{\cos(X\alpha)\,d\alpha}{1+\alpha^2} = \frac{\pi}{2}e^{-X}, \qquad \int_0^\infty \frac{\cos(X\alpha)\,d\alpha}{(1+\alpha^2)^2} = \frac{\pi}{2}e^{-X}\frac{1+X}{2}.$$

Il en résulte immédiatement, vu la valeur (10) de X, des expressions de I_1, I_2, sous forme d'intégrales définies simples; et les formules (8) de h deviennent enfin

$$(13) \qquad \left\{\begin{aligned} h &= \frac{dm}{\pi z}\left[1 - \frac{1}{\gamma}\int_0^1 e^{-\frac{1-\psi^2}{2\gamma}}\,d\psi\right], \\ h &= \frac{dm}{2\pi z^2}\left[1 - \frac{2}{\gamma}\int_0^1 e^{-\frac{1-\psi^2}{2\gamma}}\,d\psi + \frac{1}{2\gamma^2}\int_0^1 e^{-\frac{1-\psi^2}{2\gamma}}(1-\psi^2)\,d\psi\right]. \end{aligned}\right.$$

V. Les intégrations en ψ qui y subsistent peuvent s'effectuer en série de deux manières, consistant, la première, à développer les fonctions sous le signe $\int$ suivant les puissances ascendantes de $1-\psi^2$, et, la seconde, à faire préalablement sortir des signes $\int$ le facteur $e^{-\frac{1}{2\gamma}}$ de l'exponentielle, puis à développer suivant les puissances de ψ^2 les fonctions restées sous les

---

(1) *Voir*, par exemple, mon *Cours d'Analyse infinitésimale* pour la Mécanique et la Physique, t. II, fascicule II, p. 263*.

signes $\int$, en intégrant, d'ailleurs, finalement, terme à terme dans chaque cas. La première méthode redonne les développements de Mac-Laurin obtenus dans ma précédente Note [formules (4) et (10)], appliqués au cas présent où $\theta = 0$ et $P_n = 1$. La seconde, plus avantageuse, conduit aux séries suivantes, où j'ai désigné par q, avec Poisson, le quotient de t^2 par $4z$, c'est-à-dire l'inverse de 2γ :

$$(14) \quad \begin{cases} h = \dfrac{dm}{\pi z}\left[1 - 2e^{-q}\left(q + \dfrac{q^2}{1.3} + \dfrac{q^3}{1.2.5} + \dots \right.\right. \\ \qquad \left.\left. + \dfrac{q^n}{1.2.3\ldots(n-1)(2n-1)} + \dots\right)\right], \\ h = \dfrac{dm}{2\pi z^2}\left[1 - 4e^{-q}\left(q + \dfrac{q^3}{1.2.3.5} + \dfrac{q^4}{1.3.5.7} + \dots \right.\right. \\ \qquad \left.\left. + \dfrac{q^n}{1.2\ldots(n-3)(n-1)(2n-3)(2n-1)} + \dots\right)\right]. \end{cases}$$

On en déduit la vitesse descendante $\dfrac{dh}{dt} = \dfrac{dh}{dq}\dfrac{t}{2z}$ des molécules :

$$(15) \quad \begin{cases} \dfrac{dh}{dt} = \dfrac{t\,dm}{\pi z^2}e^{-q}\left(-1 + \dfrac{q}{3} + \dfrac{q^2}{1.2.3.5} + \dots \right. \\ \qquad \left. + \dfrac{q^n}{1.2\ldots n(2n-1)(2n+1)} + \dots\right), \\ \dfrac{dh}{dt} = \dfrac{t\,dm}{\pi z^3}e^{-q}\left(-1 + q - \dfrac{q^2}{2.5} - \dfrac{q^3}{2.3.5.7} - \dots \right. \\ \qquad \left. - \dfrac{3q^n}{(2.3\ldots n)(2n-3)(2n-1)(2n+1)} - \dots\right). \end{cases}$$

Ces dernières formules avaient été obtenues tout autrement par Poisson, aux nos 27 et 51 de son Mémoire. Il en avait déduit que, sur la verticale du lieu d'émersion, le mouvement, d'abord ascendant, ne s'annule, pour devenir ensuite descendant, qu'une seule fois dans le cas des ondes cylindriques d'un canal, tandis que dans celui d'ondes propagées en longueur et en largeur, il redevient une fois encore ascendant avant de s'éteindre. Et, en effet, la parenthèse des seconds membres de (15), négative pour $q = 0$, mais sans cesse croissante dans la première formule, y devient définitivement positive dès qu'elle s'est annulée, tandis que, dans la seconde formule, elle a sa dérivée d'abord positive mais sans cesse décroissante, en sorte que cette parenthèse redevient elle-même définitivement négative après s'être annulée deux fois.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Alcoylation des cétones aliphatiques par l'intermédiaire de l'amidure de sodium. Dédoublement des hexaalcoylacétones.* Note de MM. **Haller** et **Ed. Bauer**.

Dans ses recherches sur les cétones cycliques [1], l'un de nous a montré qu'il était possible de substituer quatre groupes méthyle à l'hydrogène des deux radicaux méthyléniques avoisinant la fonction cétone de la β-méthylhexanone.

Les cétones aliphatiques de la forme $R.CH^2.CO.CH^2.R$, y compris l'acétone la plus simple, $CH^3.CO.CH^3$, se prêtent aux mêmes réactions.

Pour la présente étude, nous nous sommes adressés à la diéthylcétone $CH^3.CH^2.CO\,CH^2.CH^3$.

I. *Méthylation de la diéthylcétone.* — Pour éviter une réaction trop vive entre l'amidure et la diéthylcétone, on a soin de n'introduire que progressivement cette dernière dans un ballon contenant l'amidure pulvérisé et l'éther anhydre. Quand le dégagement d'ammoniaque a cessé, on fait réagir l'iodure de méthyle et on chauffe à l'ébullition. Au bout d'une heure, on laisse refroidir, et l'on ajoute peu à peu au mélange une nouvelle molécule d'amidure, puis, lorsqu'il ne se dégage plus d'ammoniaque, une seconde quantité d'iodure de méthyle équivalente à la première. Après avoir porté le tout à l'ébullition pendant 1 heure, on soumet le mélange au traitement habituel.

Une série de fractionnements a permis d'isoler :

1° Un liquide passant de 116° à 119° et qui est constitué par de l'*éthylisopropylcétone;*

2° Un produit distillant de 123° à 124°,5 et qui est formé par de la *diisopropylcétone;*

3° Une substance bouillant à une température beaucoup plus élevée (148°-152° sous 18^{mm}) $C^{15}H^{26}O$ et qui paraît être un produit de condensation de la cétone sur elle-même.

L'éthylisopropylcétone $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>CH.CO.CH^2.CH^3$ est un liquide à odeur agréable qui, nous le répétons, distille de 116° à 119°. Elle contient cependant encore un peu de diisopropylcétone impossible à séparer par distillation.

---

[1] A. Haller, *Comptes rendus*, t. CXXXVIII, p. 1139; t. CXL, p. 127 et 1625.

La diisopropylcétone $\frac{CH^3}{CH^3}\!\!>\!CH.CO.CH\!<\!\frac{CH^3}{CH^3}$ constitue la partie la plus importante de la réaction et se présente sous la forme d'un liquide, à odeur légèrement camphrée et bouillant 123°-124°,5 à la pression normale. Obtenue jadis par Poletajew ([1]), puis signalée par Nef ([2]), elle a récemment été préparée par M. Senderens, en faisant passer des vapeurs d'acide isobutyrique sur de la thorine chauffée entre 380° et 420° ([3]).

Sa semicarbazone fond à 143°-144°.

Le composé $C^{15}H^{26}O$ qu'on recueille en soumettant les portions les moins volatiles à la distillation fractionnée dans le vide forme environ 5 à 8 pour 100 de la diéthylcétone mise en œuvre. C'est un liquide qui distille de 148° à 152° sous 18mm. Il décolore le brome et ne forme pas d'oxime. La formule centésimale correspondrait à une phorone de la diéthylcétone :

$$\frac{CH^3}{CH^3}\!\!>\!C=CH.CO.CH=C\!<\!\frac{CH^3}{CH^3} \qquad \frac{CH^3CH^2}{CH^3CH^2}\!\!>\!C=\underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{C}}-CO-\underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{C}}=C\!<\!\frac{CH^2CH^3}{CH^2CH^3}$$

La diisopropylcétone dont nous venons de donner la préparation, nous a conduit à préparer un troisième isomère de la hexaméthylacétone, la tétraméthyléthylacétone. Elle a été obtenue en faisant réagir l'iodure d'éthyle sur la diisopropylcétone sodée, au sein de l'éther, au moyen de l'amidure de sodium et isolant le produit suivant le mode accoutumé.

La tétraméthyléthylacétone ou *triméthyl-3.3.5-hexanone-4*

$$\frac{CH^3}{CH^3}\!\!>\!CH.CO-C\!\begin{array}{l}\diagup C^2H^5\\ -CH\\ \diagdown CH^3\end{array}$$

est un liquide qui distille entre 158° et 161°, point d'ébullition qui est notablement plus élevé que celui de la hexaméthylacétone (151°). Elle ne donne ni oxime, ni semicarbazone.

Réduite au moyen de l'alcool et du sodium, elle donne naissance à l'alcool *tétraméthyléthylisopropylique* ou *triméthyl-3.3.5-hexanol-4*

$$(CH^3)^2.CHHCOHCH\!<\!\frac{(CH^3)^2}{C^2H^5},$$

liquide peu mobile, passant de 170° à 171°. Il possède une odeur de bornéol moins poivrée que celle de son isomère, l'hexaméthylisopropanol.

Sa phényluréthane fond à 164°.

([1]) Poletajew, *Deut. chem. Ges.*, t. XXIV, p. 1309.

([2]) *Liebig's Annalen*, t. CCCX, p. 324.

([3]) Senderens, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 929.

La *tétraméthyldiéthylacétone* ou *diméthyl*-3.3.5.5-*heptanone*-4

$$CH^3-CH^2-\underset{CH^3}{\overset{CH^3}{C}}-CO.\underset{CH^3}{\overset{CH^3}{C}}-C^2H^5$$

prend naissance en éthylant la tétraméthyléthylacétone sodée au moyen de l'amidure au sein du benzène. On rectifie le produit et, en soumettant les fractions passant au-dessous de 190° à une nouvelle éthylation, on arrive à transformer la presque totalité de la cétone primitive en acétone hexasubstituée bouillant de 196° à 198° à pression normale.

La tétraméthyl-3.3.5.5-heptanone-4 est un liquide mobile, à odeur camphrée assez agréable, ne donnant ni oxime, ni semicarbazone.

Réduite par l'alcool et le sodium, elle est convertie en alcool *tétraméthyldiéthylisopropylique symétrique* ou *tétraméthyl*-3.3.5.5-*heptanol*-4 :

$$\begin{matrix}C^2H^5\\(CH^3)^2\end{matrix}\!\!>C.CHOH.C<\!\!\begin{matrix}C^2H^5\\(CH^3)^2\end{matrix}.$$

Liquide moins mobile que la cétone dont il dérive, et qui possède toujours l'odeur de bornéol caractéristique de la plupart de ses congénères. Il bout à 210°-212° à la pression ordinaire.

Sa phényluréthane fond à 62°-63°.

Les exemples qui précèdent suffisent pour montrer que n'importe quelle cétone aliphatique, normale ou arborescente, symétrique ou non symétrique, est susceptible d'échanger les atomes d'hydrogène des radicaux hydrocarbonés voisins du groupement cétonique, contre un ou plusieurs radicaux alcooliques, quand on le traite par de l'amidure de sodium et des carbures monohalogènes. Le terme final de l'alcoylation de la cétone sera toujours de l'hexaalcoylacétone symétrique ou non symétrique, suivant la constitution de la cétone qui a servi de point de départ.

II. Les trialcoylpinacolines, et, d'une façon générale, les hexaalcoylacétones qui ont fait l'objet de nos études se rapprochent, dans une certaine mesure, des diarylcétones, comme la benzophénone, ou des trialcoylacétophénones. Or, nous avons montré (1) que lorsqu'on chauffe ces combinaisons, au sein d'un carbure aromatique, avec de l'amidure de sodium et qu'on traite ensuite le produit de la réaction par de l'eau, on détermine le dédoublement des cétones en amides, carbures et acides, ces derniers provenant, sans aucun doute, de l'action de la soude caustique sur les amides.

---

(1) A. Haller et Ed. Bauer, *Ann. de Ch. et de Phys.*, 8e série, t. XVI, p. 145.

Avec les cétones symétriques comme la benzophénone, on n'obtient naturellement qu'une amide et un carbure, tandis qu'avec les cétones dissymétriques il se forme deux amides et deux carbures. Ainsi avec la *p*-tolylphénylcétone, on produit un mélange d'amides benzoïque et *p*-toluique.

Quant aux trialcoylacétophénones, elles donnent pour ainsi dire exclusivement naissance à de la benzine et des trialcoylacétamides.

Nous avons soumis les *hexaalcoylacétones*, étudiées dans notre dernière Communication et dans la première partie de cette Note, à la même action dédoublante ([1]).

On dissout l'acétone hexasubstituée dans le benzène, ou tout autre hydrocarbure aromatique anhydre, et l'on ajoute à la solution $1^{mol},25$ à 2^{mol} d'amidure de sodium finement pulvérisé. Le mélange est ensuite chauffé dans un ballon muni d'un appareil à reflux, pendant 4 à 6 heures.

On remarque d'abord une dissolution partielle de l'amidure et la liqueur prend une teinte brun jaune. Il ne se dégage pas de trace d'ammoniaque ni d'aucun gaz. Au bout de 6 heures on ajoute alors, au moyen d'un entonnoir à robinet, de l'eau goutte à goutte, tout en maintenant la liqueur en légère ébullition. Il se déclare aussitôt une vive réaction avec dégagement gazeux, quand le carbure provenant du dédoublement de la cétone est un gaz. On recueille ce dernier sur la cuve à eau ou sur la cuve à mercure. L'ammoniaque résultant de l'action de l'eau sur l'amidure non entré en combinaison n'apparaît qu'après le dégagement du carbure.

Si l'on opérait sur de grandes quantités de matière, il faudrait refroidir de façon à apaiser la réaction tumultueuse provoquée par addition d'eau au mélange.

Quand la réaction est terminée, on ajoute encore de l'eau pour diluer la soude formée et l'on décante, si l'amide n'a pas encore cristallisé, car les amides trialcoylacétiques sont en général peu solubles dans la benzine et les carbures benzéniques. Si l'amide s'est précipitée, on essore tout le liquide et l'on sépare par décantation les deux couches aqueuse et benzénique. La première est évaporée et acidulée afin de recueillir une partie de l'amide soluble à la faveur de la soude caustique. Quant à la solution benzénique, on la fractionne dans le but de rechercher les carbures aliphatiques dans le cas où ils sont liquides.

L'ensemble des réactions peut se traduire de la façon suivante :

$$\begin{matrix} R\diagdown & & \diagup R \\ R'-C.CO.C-R' \\ R''\diagup & & \diagdown R'' \end{matrix} + NH^2Na = \begin{matrix} R\diagdown & \diagup NH^2 & \diagup R \\ R'-C.C & \text{———} & C-R' \\ R''\diagup & \diagdown ONa & \diagdown R'' \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} R\diagdown & \diagup NH^2 & \diagup R \\ R'-C.C & \text{———} & C-R' \\ R''\diagup & \diagdown ONa & \diagdown R'' \end{matrix} + H^2O = \begin{matrix} R\diagdown \\ R'-C.CONH^2 \\ R''\diagup \end{matrix} + \begin{matrix} R\diagdown \\ R'-CH \\ R''\diagup \end{matrix} + NaHO.$$

([1]) A. Haller et Ed. Bauer, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 127, et t. CXLIX, p. 5.

Dédoublement de la pivalone ou hexaméthylacétone

$$(CH^3)^3.C.CO.C.(CH^3)^3.$$

La molécule étant symétrique, on ne peut obtenir par dédoublement que de l'amide pivalique et du triméthylméthane.

On observe en effet un dégagement d'un gaz brûlant avec une flamme éclairante, quand on ajoute peu à peu de l'eau au produit de la réaction de l'amidure sur la pivalone. On a, de plus, constaté qu'il se forme un abondant précipité d'amide pivalique fondant à 154°-155°, et que les eaux mères, séparées de la benzine, en fournissent une nouvelle quantité quand on les neutralise par de l'acide sulfurique. Ces eaux sursaturées par l'acide manifestent d'autre part nettement l'odeur d'acide pivalique provenant de la saponification de l'amide.

Quant à la liqueur benzénique, elle laisse, après distillation, également un petit résidu d'amide pivalique.

Dédoublement de la pentaméthyléthylacétone $(CH^3)^3.C.CO.CH\begin{matrix}\diagup(CH^3)^2\\ \diagdown C^2H^5\end{matrix}$. — Cette cétone peut se scinder de deux façons différentes :

$$(1)\qquad (CH^3)^3.C.CO.C\begin{matrix}\diagup(CH^3)^2\\ \diagdown C^2H^5\end{matrix} \rightarrow (CH^3)^3\;CH + \begin{matrix}(CH^3)^2\diagdown\\ C^2H^5\diagup\end{matrix}C.CONH^2,$$

$$(2)\qquad (CH^3)^3.C.CO.C\begin{matrix}\diagup(CH^3)^2\\ \diagdown C^2H^5\end{matrix} \rightarrow \begin{matrix}(CH^3)^2\diagdown\\ C^2H^5\diagup\end{matrix}CH + (CH^3)^3.C{-}CONH^2.$$

Dans le premier cas, il se forme du triméthylméthane et de la diméthyléthylacétamide, et dans le second cas, du diméthyléthylméthane et de l'amide pivalique.

Les deux réactions se produisent en réalité.

Nous n'avons pas recueilli les gaz dégagés et nous nous sommes bornés à isoler les amides formées. On obtient naturellement un mélange des deux amides que nous avons tenté de séparer par cristallisations fractionnées au sein de l'éther anhydre. La fraction la moins soluble est principalement constituée par de l'amide pivalique légèrement souillée d'amide diméthyléthylacétique, car elle fondait à 150°-151° alors que l'amide pivalique pure fond à 154°-155°. Quant à la partie la plus soluble, au lieu de fondre à 103°-104° qui est le point de fusion de l'amide diméthyléthylacétique, elle montra le point le de fusion de 104°-105°.

Dédoublement de la *tétraméthyldiéthylacétone symétrique*

$$\begin{matrix}C^2H^5\diagdown\\ (CH^3)^2\diagup\end{matrix}C.CO.C\begin{matrix}\diagup C^2H^3\\ \diagdown(CH^3)^2.\end{matrix}$$

Opérée au sein du benzène, la réaction a fourni un gaz brûlant avec une flamme éclairante et de l'amide diméthyléthylacétique pur du premier jet et fondant à 103°-104°.

Dédoublement de la triéthylpinacoline $(CH^3)^3.C.CO.C(C^2H^5)^3$.

En sa qualité d'acétone hexasubstituée dissymétrique, cette pinacoline peut également donner lieu à la production de deux carbures et de deux amides.

La scission a été faite au sein du métaxylène bouillant de 139°.

Après addition d'eau au produit de la réaction de l'amidure sur le cétone, on a observé le dégagement d'un gaz brûlant avec une flamme éclairante.

D'autre part, le liquide essoré a fourni de l'amide pivalique qu'une seule cristallisation dans l'éther ordinaire a permis d'obtenir à l'état pur.

Les eaux mères aqueuses en renfermaient également. Il a suffi de les neutraliser et de les concentrer pour en recueillir une nouvelle quantité.

Le xylène renferme en dissolution un carbure qu'on réussit à séparer par une série de fractionnements et de l'amide triéthylacétique fondant à 108° qu'on obtient par concentration. La proportion de cette dernière amide est d'environ 1 partie par 5 parties d'amide pivalique.

Quant au carbure aliphatique formé, il bout à 91°-92°, et son analyse a donné des nombres correspondant à un corps répondant à la formule C^7H^{16}. Ce ne peut être que le triéthylméthane $(C^2H^5)^3CH$, bien que dans la littérature on assigne à ce carbure le point d'ébullition 95°-98°.

La scission de la triéthylpinacoline se fait donc principalement suivant l'équation

$$(CH^3)^3.C.CO.C(C^2H^5)^3 \rightarrow (CH^3)^3-C.CONH^2+(C^2H^5)^3-CH.$$

En résumé ces recherches montrent:

1° Que les cétones aliphatiques des formes

$$R.CH^2.CO.CH^3,\quad R.CH^2.CO.CH^2R,\quad R^2.CH.CO.CH^2R,\quad R^2.CH.CO.CHR^2$$

peuvent échanger l'hydrogène des résidus hydrocarbonés, voisinant le groupement CO, avec des radicaux alcooliques quand on les traite par de l'amidure de sodium et des carbures halogènes. Les termes ultimes de l'alcoylation seront des hexaalcoylacétones de formule générale

$$\begin{matrix} R\diagdown & & \diagup R \\ R'-C.CO.C-R' \\ R''\diagup & & \diagdown R'' \end{matrix}$$

2° Que, seules ces hexaalcoylacétones se dédoublent, au sein du carbure

aromatique, en un carbure aliphatique et en une amide de la série grasse, dans le cas d'une cétone symétrique, et en deux amides et en deux carbures quand il s'agit de cétones non symétriques. Dans ce dernier cas l'une des réactions de dédoublement est dominante.

3° Si cette scission, à laquelle se prêtent les hexaalcoylacétones, ne constitue pas un moyen pratique d'obtention des amides trialcoylacétiques, elle permet, dans certains cas, de préparer assez facilement des trialcoylméthanes, notamment quand on s'adresse à des trialcoylpinacolines, celles-ci fournissant dans les conditions de l'expérience, à côté de petites quantités de trimétylméthane, gazeux à la température ordinaire, de notables proportions de trialcoylméthanes de poids moléculaire plus élevé.

4° Que le meilleur mode de préparation des trialcoylacétamides et des acides trialcoylacétiques consiste à partir des trialcoylacétophénones, ainsi que nous l'avons montré dans une de nos précédentes Communications.

Nous continuons l'application de ces réactions dans notre laboratoire, ainsi que l'étude de certains dérivés se rattachant aux trialcoylacétophénones et homologues, et aux hexaalcoylacétones.

M. **Poincaré** fait hommage à l'Académie du Tome III de ses *Leçons de Mécanique céleste*. Ce Volume contient la Théorie des marées : après avoir établi les questions différentielles rigoureuses du problème, l'auteur montre comment la méthode de Fredholm permettrait de les intégrer; il expose ensuite les procédés pratiques de l'Analyse harmonique, et consacre quelques Chapitres à la synthèse générale des observations qui a été récemment tentée par M. Harris. A la fin du Volume on trouvera la Théorie des marées fluviales, celle des marées du noyau solide du globe et celle de l'influence des marées sur la rotation terrestre. Ces Leçons ont été professées à la Sorbonne en 1903 et en 1909; elles ont été recueillies par M. Fichot, ingénieur hydrographe de la Marine.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Géographie et Navigation, en remplacement de M. *Bouquet de la Grye*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 59,

M. Lallemand obtient..............	52 suffrages
M. Angot......................	7 »

M. **Lallemand**, ayant réuni la majorité des suffrages, est proclamé élu. Sa nomination sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger, qui devra occuper l'un des deux postes créés par le décret du 1er décembre 1909 :

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 53,

M. Hittorf obtient................	43 suffrages
Sir William Ramsay..............	7 »
M. van 't Hoff..................	1 suffrage
Sir William Huggins..............	1 »
M. Lorentz......................	1 »

M. **Hittorf**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu. Sa nomination sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats au poste de Membre artiste, ayant rang de titulaire, vacant au *Bureau des Longitudes*, par le décès de M. *Gautier*.

(Renvoi à une Commission composée de MM. les Membres des Sections de Géométrie, Mécanique, Astronomie, Géographie et Navigation, Physique.)

M. **Richard Dedekind**, élu Associé étranger, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **P. Blaserna**, Président de l'Académie royale des Lincei, annonce à l'Académie que la prochaine réunion de l'Association internationale des Académies se tiendra à Rome du 9 au 15 mai.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces de la Correspondance :

1° Une brochure intitulée : *Quelques lettres inédites d'André-Marie Ampère*, par M. Ernest Jovy;

2° Plusieurs brochures relatives à diverses questions de Sciences naturelles, par M. Carlos-E. Porter, et plusieurs fascicules de la *Revista Chilena de Historia natural* (1908 et 1909), dirigée par le même auteur. (Présenté par M. Edmond Perrier);

3° La copie d'un manuscrit de Lebrun, frère du Consul et architrésorier de l'Empire, intitulé : *Réponse d'un cultivateur aux officiers municipaux de sa commune, qui lui avaient demandé un plan d'éducation.* (Présentée par M. Edmond Perrier, au nom de M. Lagorsse, époux de l'arrière-petite-fille de l'auteur).

ASTRONOMIE. — *Sur les atmosphères absorbantes et les éclats intrinsèques de quelques étoiles.* Note de M. **Charles Nordmann**, présentée par M. Maurice Hamy.

I. On manquait jusqu'ici de données sur les éclats intrinsèques des divers types d'étoiles. En utilisant mes résultats relatifs aux températures effectives des étoiles, j'ai obtenu sur ce sujet quelques précisions nouvelles que je me propose de résumer dans cette Note.

Soient T_0 et T les températures effectives du Soleil et d'une étoile, E_0 et E les éclats intrinsèques qu'auraient respectivement ces deux astres s'ils étaient rigoureusement assimilables à des *corps noirs*, et que j'appellerai *éclats intrinsèques effectifs* (par analogie avec l'expression de *températures effectives*). Je poserai

$$\varepsilon_{\text{eff.}} = \frac{E}{E_0}.$$

Or comme je l'ai montré récemment, la loi expérimentale d'après laquelle l'éclat global d'un corps incandescent varie en général comme l'intensité de la longueur d'onde du maximum de luminosité ($0^{m},54$) est applicable au Soleil et aux étoiles (ce Volume, p. 448). On a donc, en appliquant la loi de Planck :

$$\varepsilon_{\text{eff.}} = \frac{e^{\frac{14600}{0,54 \times T_0}} - 1}{e^{\frac{14600}{0,54 \times T}} - 1}.$$

J'ai calculé à titre d'exemple et indiqué dans le Tableau ci-dessous les valeurs de $\varepsilon_{\text{eff.}}$ pour quelques-unes des étoiles dont j'ai mesuré les températures effectives. Ces valeurs donnent évidemment une première idée de l'ordre de grandeur des éclats intrinsèques de ces étoiles. Mais, en réalité, celles-ci, pas plus que le Soleil, comme je l'ai montré récemment (*loc. cit.*), ne sont rigoureusement assimilables à des *corps noirs* à cause des atmosphères absorbantes entourant leurs photosphères.

De combien les valeurs calculées de $\varepsilon_{\text{eff.}}$ peuvent-elles différer des valeurs des éclats intrinsèques vrais des étoiles considérées? C'est ce que j'examinerai maintenant.

II. Considérons d'abord celles des étoiles du Tableau suivant pour lesquelles j'ai trouvé des températures effectives plus petites, c'est-à-dire des valeurs de $\log\frac{R}{B}$ plus grandes que pour le Soleil, la valeur correspondante trouvée pour celui-ci étant $\log\frac{R_0}{B_0}$. Ces étoiles appartiennent à des types spectraux compris entre les types G et M de Harvard. Or les photosphères de tous ces types intermédiaires sont certainement moins chaudes que celle du Soleil (type G); cela résulte nettement des faits suivants sur lesquels tous les auteurs sont d'accord : à mesure qu'on passe du type solaire aux types K et M, les raies frauenhofériennes sont de plus en plus intenses et nombreuses, les bandes caractéristiques des composés apparaissent avec une netteté croissante, les raies de basse température des éléments sont de plus en plus nombreuses et intenses, au contraire des raies de hautes températures (et notamment des *enhanced lines*) qui disparaissent progressivement. D'autre part, et par conséquent, le fait que $\log\frac{R}{B} > \log\frac{R_0}{B_0}$ tient aux trois causes suivantes :

a. L'intensité et le nombre des raies frauenhofériennes (dont la fréquence moyenne croît comme on sait vers les petites longueurs d'onde) sont plus considérables dans ces étoiles que dans le Soleil ;

b. La température de leur photosphère est plus basse ;

c. L'atmosphère entourant cette photosphère exerce une absorption générale de la lumière. (Il s'agit de cette absorption continue, due, comme lord Rayleigh l'a établi, à la diffraction de la lumière sur les particules et les molécules atmosphériques, et qui croît vers les courtes longueurs d'onde.)

Or nous avons vu que cette atmosphère, dans le cas du Soleil, a pour effet de diminuer la valeur absolue de $\log\frac{R}{B}$ qui correspondrait à la photosphère de 0,093 (ce Volume, *loc. cit.*).

Cela étant, soit un nombre n défini par la relation

$$-\left(\log\frac{R_0}{B_0}-\log\frac{R}{B}\right)=(n-1)\times 0{,}093.$$

Il est clair, d'après ce qui précède, que l'absorption générale de l'étoile considérée est au plus équivalente à celle d'un nombre d'atmosphères solaires égal à n.

On peut donc calculer de cette manière une limite supérieure de la valeur de l'absorption générale des atmosphères des étoiles dont les spectres sont compris entre les types G *et* M *de Harvard.* La limite inférieure de cette valeur est évidemment zéro.

Les valeurs de n calculées pour trois étoiles de ces types sont indiquées dans le Tableau ci-dessous. Or j'ai montré (*loc. cit.*) que l'effet de l'atmosphère solaire sur la valeur mesurée de $\log\frac{R_0}{B_0}$ (qui correspond pour lui à une température de 5320°) est tel, que l'*éclat intrinsèque effectif* du Soleil est plus petit que son *éclat intrinsèque vrai* (qui correspond à celui d'un corps noir de 5870°). Il s'ensuit qu'en posant successivement pour les étoiles considérées $n=0$ et $n=$ sa valeur définie par la relation ci-dessus, et en suivant une marche analogue à celle que j'ai indiquée récemment pour le Soleil, *nous pouvons calculer pour les étoiles considérées une limite supérieure* ε_M, *et une limite inférieure* ε_m *approchées de leur éclat intrinsèque vrai en fonction de celui du Soleil* (que j'ai, je le rappelle, trouvé égal à 31900 bougies décimales par centimètre carré).

Quant aux étoiles pour lesquelles j'ai trouvé une température effective supérieure à celle du Soleil, si nous pouvons calculer une limite inférieure de leur éclat intrinsèque vrai en posant $n=0$, en revanche, nous n'avons pas le moyen d'évaluer une limite supérieure de cette quantité, puisqu'on ne peut connaître dans ce cas la valeur maxima de n.

Les résultats de cette étude relatifs à 6 étoiles sont résumés dans le Tableau suivant :

Étoile.	$\log\frac{R}{B}$.	Température effective absolue.	Type spectral. Harvard.	Type spectral. Lockyer.	n.	ε_m.	ε_{eff}.	ε_M.
ρ Persée...	—0,230	2870	Mb	Ant.	5,95	0,008	0,013	0,127
α Taureau.	—0,406	3500	K5M	Ald.	4,06	0,044	0,071	0,279
ζ Céphée..	—0,552	4260	K	»	2,48	0,174	0,281	0,541
Soleil.....	—0,690	5320	G	Arct.	1	»	1,000	»
γ Cygne...	—0,710	5620	F8Gpec.	Pol.	»	0,81	1,32	»
Polaire....	—0,844	8200	F8G	Pol.	»	3,78	6,11	»
α Lyre....	—0,946	12200	A	Sir.	»	12,08	19,55	»

On saisira aisément la signification de ce Tableau. Pour ne parler que des deux étoiles de première grandeur qu'il renferme, on voit qu'*Aldébaran a une atmosphère au plus équivalente, au point de vue de son absorption générale, à quatre atmosphères solaires, et que Véga émet par unité de surface au moins 12 fois plus de lumière que le Soleil et au moins 43 fois plus qu'Aldébaran.* Deux étoiles de même volume et de même parallaxe, semblables respectivement à *Aldébaran* et à *Véga*, différeront donc par leur éclat de plus de quatre grandeurs stellaires.

Il sera nécessaire dorénavant de tenir compte de ces faits dans les recherches relatives à la statistique stellaire et à la répartition des étoiles en fonction de leurs grandeurs et de leurs types spectraux; on était jusqu'ici, dans ce genre de recherches, réduit à supposer égaux les éclats intrinsèques du Soleil et des autres étoiles.

ASTRONOMIE. — *Observation d'une petite planète à l'Observatoire de Paris.* Note de MM. **Jules Baillaud, J. Chatelu, Giacobini**, présentée par M. B. Baillaud.

Les traces de cette petite planète ont été aperçues par M. Jules Baillaud sur un cliché de la Carte internationale du Ciel pris le 3 mars 1910. Photographiée ensuite sur deux autres clichés, elle a été observée visuellement à l'équatorial de la Tour de l'Est par MM. J. Chatelu et Giacobini. La planète de la liste du *Berliner Jahrbuch* qui s'en rapproche le plus paraît être (283) Emma. Cependant sa position calculée pour le 7 mars, d'après des éléments osculateurs en 1901, serait en écart avec l'observation de $+21^{m}$ en Æ et de $-28'$ en ⓓ.

Les positions photographiques de la planète sont le résultat d'une réduction sommaire et provisoire des clichés; elles sont rapportées à l'équinoxe moyen de 1900,0.

Sa grandeur visuelle peut être estimée plus faible que 13,5; elle est presque à la limite de visibilité dans l'équatorial de la Tour de l'Est de 38^{cm} d'ouverture. Photographiquement, comparée aux mêmes étoiles, elle paraît de près d'une grandeur plus forte. Il est à remarquer que parmi les sept planètes trouvées à Paris dans les mêmes conditions, toutes particulièrement brillantes photographiquement, celles qui ont pu être iden-

tifiées ont donné sur les photographies des traînées plus intenses que ne l'auraient laissé supposer leurs grandeurs à l'opposition.

Observations à l'équatorial photographique.

1910.	Temps moyen de Paris.	Ascension droite.	Déclinaison.
	h m s	h m s	° ′ ″
Mars 3.........	10.18.49	8.42.33,9	+17. 8.46
» 5.........	10.51.50	8.41.20,5	+17.17.10
» 7.........	10.25. 2	8.40.14,6	+17.29.56

Observations à l'équatorial de la Tour de l'Est.

Dates. 1910.	Temps moyen de Paris.	ΔR.	ΔD.	Nombre de compar.	R apparente.	Log. fact. parall.	D apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Mars 8....	12.57.0	+0.25,82	− 2.57,1	14: 5	8.40.14,48	$+\bar{1},498$	+17.26.47,4	+0,716	1
» 10....	11.38.2	−2.26,38	− 2. 5,1	5: 2	8.39.17,78	$+\bar{1},350$	+17.33.38,3	+0,686	2
» 11....	11.56.2	−3.25,30	+ 0.28,5	6: 5	8.38.51,03	$+\bar{1},401$	+17.37. 4,4	+0,693	3

Positions moyennes des étoiles de comparaison 1910,0.

★.	Gr.	R moyenne 1910,0.	Réduction au jour.	D moyenne 1910,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1.......	9,0	8.39.47,95	+0,71	+17.29.43,7	+ 0,8	Anonyme rapp. à Berlin, A 3482
2.......	9,2	8.41.43,41	+0,75	+17.35.42,5	+ 0,9	Anonyme rapp. à Berlin, A 3522
3.......	8,9	8.42.15,57	+0,76	+17.36.35,0	+ 0,9	Berlin, A 3522

Les observations des 8 et 10 mars ont été faites par M. Giacobini; celle du 11 mars par M. J. Chatelu. La planète est estimée 13,8.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains systèmes d'équations fonctionnelles et l'approximation des fonctions continues.* Note de M. **Frédéric Riesz**, présentée par M. Émile Picard.

1. Appelons classe $[L^p]$ la totalité des fonctions $f(x)$, réelles ou non, définies sur l'intervalle (a, b), sommables et telles que $|f|^p$ est sommable. Nous supposons $p > 1$. Les classes $[L^p]$ et $\left[L^{\frac{p}{p-1}}\right]$ sont intimement liées; entre autres, le produit de deux fonctions quelconques dont l'une, $f(x)$, appartient à la classe $[L^p]$, l'autre, $g(x)$, à la classe $\left[L^{\frac{p}{p-1}}\right]$, est toujours sommable, et l'on a

$$(1) \qquad \left|\int_a^b f(x)\,g(x)\,dx\right| \leqq \left[\int_a^b |f(x)|^p\,dx\right]^{\frac{1}{p}} \left[\int_a^b |g(x)|^{\frac{p}{p-1}}\,dx\right]^{\frac{p-1}{p}}.$$

Envisageons le système d'équations

$$(2) \qquad \int_a^b f_k(x)\,\xi(x)\,dx = c_k \qquad (k = 1, 2, \ldots);$$

les fonctions données $f_k(x)$ appartenant à la classe $[L^p]$, nous assujettissons la fonction cherchée $\xi(x)$ à être de classe $\left[L^{\frac{p}{p-1}}\right]$. Si le système (2) admet une telle solution, et si pour cette solution on a

$$(3) \qquad \int_a^b |\xi(x)|^{\frac{p}{p-1}}\,dx \leqq M^{\frac{p}{p-1}},$$

on en conclut, en se servant de (1), que l'inégalité

$$(4) \qquad \left|\sum_{k=1}^{n} \mu_k c_k\right| \leqq M \left[\int_a^b \left|\sum_{k=1}^{n} \mu_k f_k(x)\right|^p dx\right]^{\frac{1}{p}}$$

a lieu quels que soient n et les nombres, réels ou non, μ_k. Ainsi, *la validité de l'inégalité* (4) *est une condition nécessaire de ce que le système* (2) *admette une solution telle que* (3). Dans un Mémoire qui est sous presse, j'ai montré que *la même condition est aussi suffisante.*

Dans cette Note je vais traiter un cas limite.

2. Supposons les $f_k(x)$ *continues* et tentons d'élargir les conditions por-

tant sur la fonction cherchée. Les résultats concernant la représentation des opérations linéaires par des intégrales de Stieltjes que j'ai développées il y a quelque temps dans ces *Comptes rendus* (29 novembre 1909) nous suggèrent de substituer au système (2) le système

$$(5) \qquad \int_a^b f_k(x)\,d\alpha(x) = c_k \qquad (k = 1, 2, \ldots);$$

nous assujettissons la fonction cherchée $\alpha(x)$ à être *à variation bornée*. Maintenant l'*inégalité*

$$(6) \qquad \left|\sum_{k=1}^{n} \mu_k c_k\right| \leqq \mathrm{M} \times \max. \left|\sum_{k=1}^{n} \mu_k f_k(x)\right|$$

exprime une condition nécessaire à ce que le système (5) *admette une solution* $\alpha(x)$ *dont la variation totale ne surpasse pas* M; *l'inégalité doit avoir lieu quels que soient le nombre entier n et les nombres réels ou non* M_k.

Nous allons voir que *cette condition est aussi suffisante*.

3. Envisageons d'abord le cas particulier d'un nombre fini n d'équations. Supposons la condition remplie. Remarquons qu'une fonction continue $f(x)$ appartient à toutes les classes $[\mathrm{L}^p]$ et que, $\frac{1}{p}$ tendant vers o, les valeurs $\left[\int_a^b |f(x)|^p dx\right]^{\frac{1}{p}}$ tendent vers le maximum de $[f(x)]$ (¹). Ajoutons encore que si l'on pose $f(x) = \sum_{k=1}^{n} \mu_k f_k(x)$ et si l'on assujettit les μ_k à ne pas surpasser en valeur absolue une certaine borne finie, cette convergence est uniforme. Tout cela se démontre d'une façon assez élémentaire. On en conclut aisément que, quelque petite que soit la quantité positive ε, on a pour les valeurs de p suffisamment grandes

$$\left|\sum_{k=1}^{n} \mu_k c_k\right| \leqq (\mathrm{M} + \varepsilon) \left[\int_a^b \left|\sum_{k=1}^{n} \mu_k f_k(x)\right|^{\frac{p}{p-1}} dx\right]^{\frac{p-1}{p}}.$$

Or nous l'avons vu plus haut, cette inégalité exprime précisément la con-

---

(¹) Il me faut remercier M. E. Fischer d'avoir attiré mon attention sur ce fait intéressant.

dition pour que le système

$$\int_a^b f_k(x)\,\xi(x)\,dx = c_k \qquad (k=1, 2, \ldots, n)$$

admette une solution $\xi(x)$ telle que (3), M étant remplacé par $M+\varepsilon$. Posant $\alpha(x)=\int_a^x \xi(x)\,dx$, on a une fonction $\alpha(x)$ à variation totale $\leqq (b-a)^{\frac{1}{p}}(M+\varepsilon)$, solution du système (5).

Pour en déduire une solution, dont la variation totale ne surpasse pas M, faisons tendre ε vers o. On aura ainsi une suite de fonctions $\alpha_\varepsilon(x)$ à variation bornée, bornées dans leur ensemble, dont chacune satisfait au système (5); et quelque petite que soit la quantité positive δ, on est sûr que pour ε, suffisamment petite, la variation totale de $\alpha_\varepsilon(x)$ ne surpasse pas $M+\delta$. On en conclut l'existence d'une solution $\alpha(x)$ dont la variation totale ne surpasse pas M. Pour définir une telle fonction, il suffit d'envisager la suite des fonctions $A_\varepsilon(x)=\int_a^x \alpha_\varepsilon(x)\,dx$, également continues et bornées dans leur ensemble; on en tire, à l'aide d'un artifice bien connu, une suite partielle $\left[A_i(x)=\int_a^x \alpha_i(x)\,dx\right]$ qui tend uniformément vers une fonction continue $A(x)$. On reconnaît aisément, en appliquant le critère donné dans ma Note déjà citée, que $A(x)$ est l'intégrale d'une fonction $\alpha(x)$ à variation bornée dont la variation totale ne surpasse pas M. Des considérations analogues à celles dont je me suis servi dans la Note citée, font aussi voir que l'intégrale de $f(x)\,d\alpha_i(x)$ tend pour $i=\infty$ vers celle de $f(x)\,d\alpha(x)$, quelle que soit la fonction continue $f(x)$. On en conclut, en particulier, que $\alpha(x)$ satisfait au système (5).

4. Quand le système (5) se compose d'une infinité dénombrable d'équations, on applique le résultat que nous venons d'établir, aux systèmes partiels finis de (5). D'après ce résultat, la condition (6) étant supposée remplie, il existe pour chaque n une solution $\alpha^{(n)}(x)$ des n premières équations, dont la variation totale ne surpasse pas M. Par le même procédé que nous venons d'employer pour les fonctions $\alpha_\varepsilon(x)$, la suite $[\alpha^{(n)}(x)]$ conduira *à une fonction* $\alpha^*(x)$, *satisfaisant au système complet* (5) *et dont la variation totale ne surpasse pas* M.

On sait aussi bien que *le cas d'une infinité dénombrable d'équations représente le cas général.* Cela revient au fait que chaque ensemble non dénombrable de fonctions continues contient un sous-ensemble dénombrable tel que chaque fonction de l'ensemble primaire en est fonction limite.

5. En particulier notre résultat contient le théorème portant sur la représentation des opérations linéaires par des intégrales de Stieltjes. En voici un autre corollaire qui décidera définitivement une question classique remontant à Weierstrass, posée et traitée avec bien du succès par M. E. Schmidt (*Dissertation*, Göttingen, 1905) : *Étant donné un ensemble de fonctions continues* $\varphi(x)$, *pour que la fonction continue* $f(x)$ *puisse être approchée uniformément et indéfiniment par les* $\varphi(x)$ *ou par leurs combinaisons linéaires, il faut et il suffit que toujours quand une fonction* $\alpha(x)$ *à variation bornée* $\alpha(x)$ *satisfait à toutes les équations*

$$\int_a^b \varphi(x)\,d\alpha(x) = 0, \tag{7}$$

on ait aussi

$$\int_a^b f(x)\,d\alpha(x) = 0.$$

En particulier *pour que l'on puisse approcher toute fonction continue, il faut et il suffit que toute fonction à variation bornée qui satisfait au système* (7) *soit constante sauf peut-être pour un ensemble dénombrable de valeurs* x *différentes de* a *et* b.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces algébriques représentables sur celle de Kummer.* Note de M. L. REMY, présentée par M. G. Humbert.

Toute surface algébrique représentable sur celle de Kummer est définie paramétriquement par des équations de la forme

$$x_\alpha = \Theta_\alpha(u, v) \qquad (\alpha = 1, 2, 3, 4),$$

où $\Theta_1, \ldots, \Theta_4$ désignent quatre fonctions thêta, d'ordre n, de même parité, supposées sans facteur commun et admettant les demi-périodes pour zéros communs aux ordres respectifs de multiplicité $p_1, p_2, \ldots, p_{16}$. A cette représentation paramétrique est associé un système de nombres entiers

$$[n;\, p_1, \ldots, p_{16}],$$

lesquels sont liés au degré d de la surface par la relation

$$2n^2 - \sum_i p_i^2 = 2d \qquad (i = 1, 2, \ldots, 16). \tag{1}$$

A une même surface répondent d'ailleurs une infinité de systèmes d'entiers $[n, p_i]$ qui se rattachent aux transformations birationnelles n'altérant pas la surface de Kummer : il convient tout d'abord de caractériser ces systèmes équivalents.

Une telle transformation birationnelle fait correspondre à la famille linéaire de courbes définie par l'équation $\theta(u, v) = 0$ une autre famille d'équations $\theta'(u, v) = 0$: les entiers $[n, p_i]$ et $[n', p'_i]$ associés respectivement aux fonctions $\theta(u, v)$ et $\theta'(u, v)$ sont liés par une substitution linéaire à coefficients entiers

$$(\mathrm{T}) \qquad \begin{cases} n' = a_0^0 n - a_0^1 p_1 - \ldots - a_0^{16} p_{16} \\ p'_k = a_k^0 n - a_k^1 p_1 - \ldots - a_k^{16} p_{16} \end{cases} \qquad (k = 1, 2, \ldots, 16).$$

Cette substitution laisse invariante l'expression $2n^2 - \sum_i p_i^2$ qui représente le degré du système linéaire de courbes caractérisé par les entiers

$$[n, p_i];$$

elle jouit en outre de la propriété de donner des valeurs $n', p'_1, \ldots, p'_{16}$ *positives* pour tout système d'entiers $n, p_1, \ldots, p_{16}$ attaché à une courbe irréductible d'équation $\theta(u, v) = 0$.

Inversement, étant donnée une substitution linéaire T jouissant de ces propriétés, on peut démontrer que la surface dont les coordonnées d'un point sont proportionnelles à quatre fonctions thêta de u, v caractérisées par les entiers $2a_0^0$; $2a_1^0, \ldots, 2a_{16}^0$, est du quatrième ordre et possède seize points doubles, et l'on déduit de là que les différents systèmes d'entiers $[n', p'_i]$ homologues d'un même système par les substitutions T ne définissent pas des surfaces distinctes.

Ceci posé, un système $[n, p_i]$ sera dit *réductible* par une substitution T si le système homologue $[n', p'_i]$ est tel que $n' < n$: d'après ce qui précède, on peut se borner, dans la recherche des surfaces représentables sur celle de Kummer, à envisager les systèmes *irréductibles*.

Parmi les substitutions T, nous en considérons trois particulières : la substitution T^1

$$\begin{aligned} n' &= 3n - 2p_1 \\ p'_1 &= 4n - 3p_1 \\ p'_j &= p_j \qquad (j = 2, 3, \ldots, 16), \end{aligned}$$

qui se rattache à la transformation birationnelle associant les couples de

points en ligne droite avec un nœud de la surface ; puis la substitution T^4

$$\begin{aligned}
n' &= 3n - p_1 - p_2 - p_3 - p_4,\\
p'_1 &= 2n \quad - p_2 - p_3 - p_4,\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\\
p'_4 &= 2n - p_1 - p_2 - p_3,\\
p'_j &= p_j \qquad (j = 5, 6, \ldots, 16),
\end{aligned}$$

qui correspond à la transformation

$$x' = \frac{1}{x}, \qquad y' = \frac{1}{y}, \qquad z' = \frac{1}{z}, \qquad t' = \frac{1}{t},$$

appliquée au tétraèdre formé par quatre nœuds de la surface ; enfin la substitution T^{16}

$$n' = 3n - \frac{1}{2}(p_1 + \ldots + p_{16}),$$

$$n'_i = n - \frac{1}{2}\sum p_{\alpha_i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, 16),$$

où la sommation Σp_{α_i} s'étend aux six demi-périodes annulant une même fonction du premier ordre $\vartheta_i(u, v)$, substitution qui se rattache à la transformation corrélative de la surface de Kummer.

Pour qu'un système d'entiers $[n, p_i]$ soit irréductible par rapport aux substitutions T^1, T^4 et T^{16}, il faut et il suffit que le point de coordonnées $p_1, p_2, \ldots, p_{16}$, dans l'espace à seize dimensions, soit intérieur au polyèdre défini par les inégalités

$$\begin{aligned}
&p_1 \geqq p_2, \ldots, \geqq p_{16} \geqq 0,\\
&n \geqq p_1,\\
&2n \geqq p_1 + \ldots + p_4,\\
&4n \geqq p_1 + \ldots + p_{16}.
\end{aligned}$$

Or on reconnaît que ce polyèdre est tout entier *intérieur* à la sphère $2n^2 - \sum_i p_i^2 = 0$, abstraction faite de trois sommets situés sur cette sphère ; de plus, les points *à coordonnées entières* intérieurs au polyèdre satisfont à une inégalité de la forme

$$2n^2 - \sum_i p_i^2 > An + B,$$

A étant une constante numérique positive.

Si l'on rapproche cette inégalité de la relation (1), on est conduit au théorème suivant :

Les surfaces algébriques de degré donné d, représentables sur la surface de Kummer, sont en nombre limité : elles peuvent se déduire de cette surface par des transformations birationnelles exprimées par des polynomes de degré inférieur à Kd, K *désignant une constante numérique.*

En particulier, les surfaces du quatrième ordre représentables sur celle de Kummer peuvent s'en déduire par des transformations birationnelles exprimées par des polynomes du *sixième* ordre au plus.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équation des télégraphistes.* Note de M. **H. Larose**, présentée par M. H. Poincaré.

Envisageons pour une ligne télégraphique indéfinie, comme nous l'avons fait dans une Note antérieure [1] pour un câble indéfini, un Tableau de distributions d'électricité, correspondant à l'état neutre avant $t=0$ et à une perturbation créée en $x=0$, en $t=0$: rupture permanente soit de courant, soit de potentiel; ébranlement élémentaire soit de courant, soit de potentiel, ce qui donnera les distributions 1, 2, 3, 4. Q, V, C, D satisferont à l'équation des télégraphistes

$$(\mathrm{T}) \qquad \left(\frac{\partial^2}{\partial t^2}+\frac{2}{\tau}\frac{\partial}{\partial t}-v^2\frac{\partial^2}{\partial x^2}\right)=0.$$

A un facteur numérique près positif, D se déduira de C, comme V de Q par l'opération $\frac{\partial}{\partial x}$ et D de V comme C de Q par l'opération $\frac{\partial}{\partial t}$; dans le Tableau, il y aura identité des fonctions sur la ligne oblique correspondant à la rupture et sur les lignes parallèles de deux en deux (fonctions impaires de x); sur les lignes parallèles intermédiaires, l'identité n'aura plus lieu que de deux en deux (fonctions paires de x); toutes ces fonctions seront nulles pour $t^2<\frac{x^2}{v^2}$ et successivement paires ou impaires; on pourra s'en tenir aux x positifs et se contenter d'écrire les expressions analytiques pour $t>\frac{x}{v}$.

(1) *Comptes rendus*, 22 mars 1909.

En particulier Q_1 ou C_2 sont proportionnels pour $t > \frac{x}{v}$ à

$$e^{-\frac{t}{\tau}} J_0\left[i\sqrt{\left(\frac{t}{\tau}\right)^2 - \left(\frac{x}{v\tau}\right)^2}\right], \qquad i = \sqrt{-1},$$

expression bien connue, établie de manières diverses; nous ne retiendrons ici qu'une forme de la solution, donnée pour Q_4 par M. Poincaré [1]. Q_4 est proportionnel à

$$(1) \qquad \frac{1}{2i\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} e^{int-iqx}\frac{dn}{q},$$

$e^{int-iqx}$ est une solution isochrone de (T), c'est-à-dire

$$v^2 q^2 = n[n + 2(i\tau)^{-1}] \qquad \text{et pour} \qquad x > 0 \quad \mathcal{R}\left(\frac{n}{q}\right) > 0;$$

la coupure $\left(0, 2\frac{i}{\tau}\right)$ a été pratiquée suivant l'axe, imaginaire des n; pour n très grand, on a sensiblement $vq = n$; pour $t < \frac{x}{v}$ l'intégrale prise sur le demi-cercle infini du demi-plan inférieur des n est nulle, donc (1) est nulle, le contour fermé complet ne renfermant pas de points singuliers; pour $t > \frac{x}{v}$ l'intégrale prise sur le demi-cercle infini du demi-plan supérieur est nulle, donc (1) est égale à l'intégrale prise dans le sens direct sur un contour fermé entourant la coupure; le calcul effectif, se fait par un changement de variable et conduit au résultat donné ci-dessus.

Le courant de déplacement dans 2, de conduction dans 3, le potentiel dans 4 sont proportionnels à (2)

$$(2) \qquad \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} e^{int-iqx}\,dn,$$

nuls pour $t < \frac{x}{v}$ et proportionnels à

$$-e^{-\frac{t}{\tau}}\frac{\partial}{\partial x}J_0\left[i\sqrt{\left(\frac{t}{\tau}\right)^2 - \left(\frac{x}{v\tau}\right)^2}\right] \qquad \text{pour} \qquad t > \frac{x}{v}.$$

De l'expression (2) nous remontons à la solution de (T) correspondante à une rupture $(+1, -1)$ en $x = (+0, -0)$, à partir de $t = 0$, solution de (T) qui aura (2) pour dérivée par rapport à t.

---

[1] H. Poincaré, *Propagation du courant en période variable sur une ligne munie d'un récepteur* (Conférences faites à l'École supérieure de Télégraphie).

Cette solution est

$$(3) \qquad \frac{1}{2i\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} e^{int-iqx}\frac{dn}{n},$$

intégrale nulle, comme (1) et (2), pour $t < \frac{x}{v}$, en particulier nulle pour $t = 0$ quel que soit $x > 0$, égale quel que soit t, pour $x = +0$, au résidu pour $n = 0$ de $\frac{e^{int}}{n}$, c'est-à-dire à $+1$, finie et déterminée pour $t > \frac{x}{v}$.

Le calcul effectif de (3) pour $t > \frac{x}{v}$ est immédiat à l'aide d'une transformation de M. H. Poincaré; il suffit de poser

$$[n + (i\tau)^{-1}]t - qx = \lambda\sqrt{\left(\frac{x}{v\tau}\right)^2 - \left(\frac{t}{\tau}\right)^2} = \lambda u,$$

$$vqt - [n + (i\tau)^{-1}]\frac{x}{v} = \mu u,$$

$$\xi = \lambda + \mu, \qquad \xi^{-1} = \lambda - \mu;$$

d'où

$$\frac{dn}{n} = \frac{vq}{n}\frac{d\xi}{\xi} = \left(-\frac{1}{\xi} + \frac{2}{\xi + \zeta}\right)d\xi, \qquad \zeta = \sqrt{\frac{t - \frac{x}{v}}{t + \frac{x}{v}}};$$

$$\frac{1}{2i\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} e^{int-iqx}\frac{dn}{n} = \frac{e^{-\frac{t}{\tau}}}{2i\pi}\int e^{i\frac{u}{2\tau}\left(\xi + \frac{1}{\xi}\right)}\left(\frac{1}{\xi} + 2\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\frac{\zeta^n}{\xi^{n+1}}\right)d\xi,$$

la seconde intégrale étant à prendre, dans le sens direct, sur un cercle de rayon très grand du plan des ξ.

L'intégrale (3) nulle pour $t < \frac{x}{v}$ est donc égale pour $t > \frac{x}{v}$, d'après la définition même des fonctions de Bessel, à

$$(4) \quad e^{-\frac{t}{\tau}}\mathrm{J}_0\left[i\sqrt{\left(\frac{t}{\tau}\right)^2 - \left(\frac{x}{v\tau}\right)^2}\right] + 2\sum_{n=1}^{\infty} i^{-n}\left(\frac{t - \frac{x}{v}}{t + \frac{x}{v}}\right)^{\frac{n}{2}}\mathrm{J}_n\left[i\sqrt{\left(\frac{t}{\tau}\right)^2 - \left(\frac{x}{v\tau}\right)^2}\right],$$

expression très propre au calcul numérique, par les séries convergentes pour les petites valeurs de l'argument des J, par les expressions asymptotiques pour les grandes valeurs de l'argument.

Pour $x = +0$, (4) doit se réduire à $+1$, c'est-à-dire

$$e^t = \mathrm{J}_0(it) + 2\sum_{n=1}^{\infty} i^{-n}\mathrm{J}_n(it),$$

formule remarquable qui se démontrera directement en ordonnant le second membre par rapport aux puissances croissantes de t, ou simplement en faisant $\xi = i^{-1}$ dans l'identité de définition des fonctions $J_n(it)$

$$e^{i\frac{t}{2}\left(\xi-\frac{1}{\xi}\right)} = J_0(it) + \sum_{n=1}^{\infty}[\xi^n + (-\xi)^{-n}]J_n(it).$$

PHOTOGRAPHIE. — *Obtention simultanée du relief stéréoscopique et de l'aspect changeant dans l'image photographique.* Note de M. E. **Estanave**, présentée par M. G. Lippmann.

Dans une précédente Communication ([1]), j'ai signalé qu'une plaque photographique munie, sur la face qui ne porte pas l'émulsion, d'un réseau ligné à lignes horizontales peut servir à enregistrer deux et même trois images visibles chacune exclusivement. En sorte que l'image de la plaque change d'aspect suivant le point de vision de l'observateur. J'avais déjà fait connaître ([2]) que, lorsque les lignes du réseau sont verticales, on peut enregistrer deux images stéréoscopiquement conjuguées, qui donnent la sensation du relief à vision directe.

La présente Note a pour but de signaler comment on peut obtenir à la fois sur une même plaque photographique des images à aspect changeant, mais présentant en même temps le relief stéréoscopique.

On sait que pour obtenir la sensation de relief, on observe à travers un réseau ligné verticalement une image composite formée d'éléments filiformes verticaux, appartenant alternativement à l'une ou à l'autre des images du couple stéréoscopique. Or, si l'on observe cette image composite à travers un réseau de même caractère, quadrillé à lignes verticales et horizontales, la sensation du relief persiste.

De même, pour obtenir des images à aspect changeant, on observe à travers un réseau ligné horizontalement une image composite formée d'éléments filiformes horizontaux, appartenant alternativement, s'il s'agit de deux aspects, à l'une ou à l'autre des images. Or, si l'on observe cette image

([1]) *Comptes rendus,* t. CXL, p. 93.
([2]) *Comptes rendus,* t. CXLVIII, p. 225.

composite à travers un réseau quadrillé à lignes horizontales et verticales de même caractère, l'aspect changeant a lieu lorsque le point de vision change. C'est dire que les lignes horizontales du réseau ne troublent pas la sensation de relief et les lignes verticales n'empêchent pas l'aspect changeant.

Par suite, un réseau quadrillé peut être considéré comme ligné horizontalement et servir à l'obtention d'images à aspect changeant et aussi comme simplement ligné verticalement et servir à l'obtention d'images donnant la sensation du relief à vision directe.

J'en ai déduit qu'on pouvait, à l'aide d'un réseau quadrillé à lignes horizontales et verticales, obtenir à la fois le relief stéréoscopique et l'aspect changeant. Les images enregistrées ne sont plus ici composées d'éléments filiformes, mais d'éléments punctiformes analogues aux pointillés de la gravure à pointe sèche.

Pour en obtenir la réalisation, j'ai disposé un réseau quadrillé à lignes horizontales et verticales au-devant d'une plaque photographique qui reçoit la lumière à travers un objectif percé de quatre ouvertures O_1, O_2, O'_1, O'_2 placées aux quatre sommets d'un carré dont deux côtés O_1O_2 et $O'_1O'_2$ sont horizontaux. En faisant travailler les ouvertures O_1, O_2 tout d'abord pendant que les ouvertures O'_1, O'_2 sont obturées, on enregistre sur la plaque une image composite incomplète formée de points, de l'objet A placé à ce moment devant l'objectif. Cette image composite est formée de deux images stéréoscopiquement conjuguées de l'objet A, et serviront à l'observation de l'objet A avec son relief à simple vision directe.

Si maintenant on obture O_1, O_2 en laissant travailler les ouvertures O'_1, O'_2 et en ayant soin de remplacer le sujet A par un autre sujet B, on obtiendra de même deux images stéréoscopiques punctiformes qui donneront à vision directe le relief de l'objet B.

En résumé, nous aurons ainsi enregistré quatre images formées chacune d'éléments punctiformes. La plaque développée et inversée du noir au blanc présentera l'aspect d'un damier dont les cases horizontales sont relatives alternativement aux images de A et de B, et dont les cases suivant les colonnes sont relatives alternativement à l'image de l'œil droit ou de l'œil gauche dans la vision stéréoscopique. Le nombre de ces cases, et par suite d'éléments punctiformes, constituant chacune des quatres images enregistrées, est considérable, ce qui assure en quelque sorte la sensation de continuité dans la vision de ces images pourtant incomplètes. Par exemple, dans le cliché 9×12 présenté à l'appui de ma démonstration, j'ai utilisé un réseau quadrillé ayant 40 traits au centimètre, ce qui porte à 172800 le nombre des cases du réseau. C'est le nombre d'éléments punctiformes qui

constituent chacune des quatre images. La plaque entière en contient 691200.

Si au-devant de cette plaque développée et inversée du noir au blanc on dispose le réseau quadrillé dans la position relative par rapport à la plaque qu'il occupait dans le tirage, on pourra observer par transparence soit les deux images stéréoscopiques provenant de l'objet A, soit celles provenant de l'objet B, suivant le point de vision de l'observateur. En sorte qu'on obtiendra deux images d'aspect différent, chacune présentant le relief stéréoscopique. La théorie du mécanisme de la séparation des images a été faite séparément pour la vision stéréoscopique et pour les images à aspect changeant (1). Il suffit de synthétiser ce qui se passe dans le cas du réseau ligné verticalement et ensuite du réseau ligné horizontalement.

La plaque *autostéréoscopique*, suivant le sens de ses lignes, donne le relief stéréoscopique ou l'aspect changeant. Si elle porte à sa surface non plus un réseau ligné, mais quadrillé oupointillé, elle pourra donner à la fois le relief et l'aspect changeant.

On a vu que par l'emploi des réseaux lignés on a pu enregistrer trois images; grâce aux réseaux quadrillés nous en avons enregistré quatre et l'on pourrait aller jusqu'à six. Mais ces images sont stéréoscopiquement conjuguées deux à deux.

On peut varier l'expérience et obtenir trois images correspondant à trois aspects différents dont un *seul* présentera en même temps le relief stéréoscopique. Il suffit pour cela de disposer les diagonales qui joignent les quatre ouvertures de l'objectif, l'une dans le sens vertical, l'autre étant horizontale. En découvrant *successivement* les ouvertures placées sur la même verticale, on obtiendra deux aspects différents de deux sujets A et B placés à ce moment devant l'objectif, et en découvrant *simultanément* les deux ouvertures situées sur la diagonale horizontale, on enregistrera deux images stéréoscopiquement conjuguées d'un troisième sujet C placé alors devant l'objectif.

L'emploi des réseaux quadrillés, en généralisant de beaucoup les résultats obtenus déjà avec des réseaux lignés, permettra d'obtenir d'une manière plus aisée la projection stéréoscopique à vision directe. On peut en effet remplacer, dans l'écran stéréoscope que j'ai fait connaître, les réseaux lignés par des réseaux quadrillés, de beaucoup plus faciles à obtenir.

(1) *Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 391.

MAGNÉTISME. — *L'intensité d'aimantation à saturation aux tres basses températures.* Note de MM. **Pierre Weiss** et **Kamerlingh Onnes**, présentée par M. J. Violle.

Depuis que l'on possède une théorie cinétique du ferromagnétisme, la mesure de l'intensité d'aimantation à saturation dans le voisinage du zéro absolu a pris un intérêt tout particulier. A cette température, en effet, l'obstacle que l'agitation thermique oppose à l'alignement complet des aimants élémentaires a disparu et l'on mesure directement la somme de leurs moments magnétiques contenus dans un centimètre cube.

Nous avons comparé les intensités d'aimantation à saturation à la température ordinaire et à celle de l'hydrogène liquide sous la pression atmosphérique (20° absolus) par la méthode du couple maximum exercé par un champ magnétique très intense sur un ellipsoïde de la même substance à étudier. Le champ a atteint 20000 gauss. Dans ce champ, l'intensité d'aimantation ne diffère que de quelques dix-millièmes de l'intensité à saturation. On a trouvé ainsi pour l'augmentation relative de l'aimantation à basse température :

Nickel (17°,3)	1,0546
Fer (20°)	1,0210
Magnétite (15°,5)	1,0569

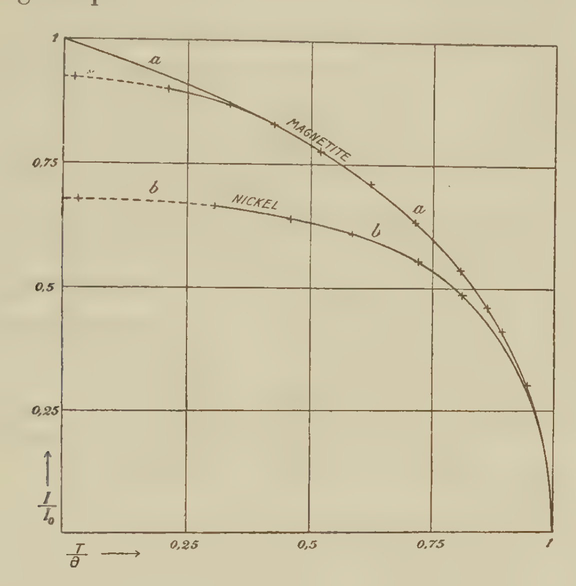
Le nombre entre parenthèses précise la température ordinaire.

Pour le cobalt, l'expérience n'a pas été possible par suite de l'intervention de couples perturbateurs ayant probablement leur origine dans les phénomènes magnéto-cristallins. Par analogie avec le fer et le nickel, on peut estimer que pour ce métal l'accroissement est de 1 pour 100 environ. Les saturations spécifiques σ rapportées à l'unité de masse des trois métaux ferromagnétiques ayant été déterminées avec précision [1] à la température ordinaire, on en déduit, au moyen des rapports ci-dessus, les saturations spécifiques σ_0 à très basse température, et par multiplication avec le poids atomique a, le moment de l'atome-gramme :

	σ.	σ_0.	a.	$a\sigma_0$.
Nickel	54,6	57,6	58,7	3382
Cobalt	162	163,6	59	9650
Fer	217	221,6	56	12410

(1) P. Weiss, *Journ. de Phys.*, 4e série, t. IX, mars 1910.

Il n'y a pas de rapports simples entre les moments des atomes des trois métaux ferromagnétiques.



Dans la figure, la courbe *a* représente la variation théorique de l'aimantation spécifique en fonction de la température. On a marqué dans le voisinage les résultats de l'expérience pour la magnétite. La courbe *b* représente les mesures sur le nickel à une échelle telle que la concordance soit bonne dans le voisinage de la température θ de perte du ferromagnétisme. Les parties pointillées des courbes sont nouvelles.

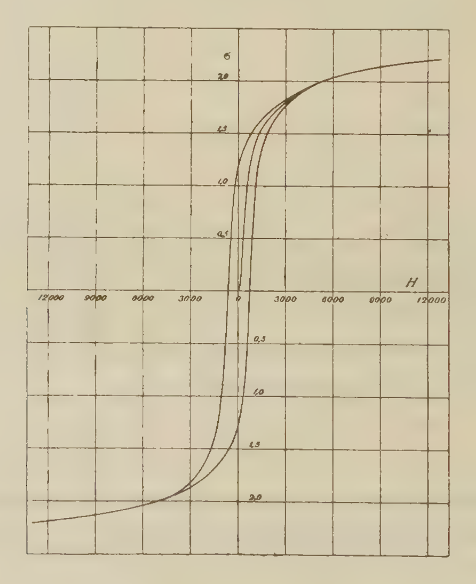
Tandis que pour la magnétite les courbes expérimentale et théorique ne divergent qu'à basse température, pour le nickel l'écart se manifeste progressivement dans toute l'étendue de la courbe.

MAGNÉTISME. — *Sur les propriétés magnétiques du manganèse, du vanadium et du chrome.* Note de MM. **Pierre Weiss** et **Kamerlingh-Onnes**, présentée par M. J. Violle.

On s'est souvent demandé s'il y a une différence irréductible de propriétés entre les métaux ferromagnétiques et paramagnétiques de la famille du fer ou s'il suffirait d'abaisser suffisamment la température de ces derniers pour faire apparaître le ferromagnétisme. En amenant le manganèse, le vanadium

et le chrome à la température de congélation de l'hydrogène (14° absolus), nous nous attendions donc à constater soit l'apparition de phénomènes ferromagnétiques (non-proportionnalité de l'aimantation au champ, saturation, hystérèse), soit un paramagnétisme considérablement augmenté conformément à la loi de Curie. A la température de congélation de l'hydrogène, la susceptibilité devait être, en effet, d'après cette loi, environ 20 fois plus forte qu'à la température ordinaire. Or ni l'une ni l'autre alternative ne s'est produite. Les phénomènes magnétiques sont restés très faibles. Par contre, nous avons constaté à basse température un accroissement énorme des propriétés magnétiques d'un petit cristal de sulfate de fer.

Le ferromagnétisme n'a donc pas apparu, et il était nécessaire de choisir pour ces métaux entre deux hypothèses : paramagnétisme d'un type nouveau, n'obéissant pas à la loi de Curie, ou diamagnétisme. Un travail de Du Bois et Honda (¹), publié depuis, dans lequel ces trois métaux figurent parmi ceux qui ont un paramagnétisme constant ou croissant avec la température, montre que c'est la première supposition qui est exacte.



Dans la deuxième hypothèse, suggérée par l'exemple du cuivre diamagnétique dont les sels sont paramagnétiques, le paramagnétisme apparent du manganèse pur proviendrait d'impuretés ou de ses oxydes. Nous avons préparé du manganèse pur en décomposant l'amalgame pur dans un courant

(¹) *Acad. Amsterdam*, t. XVIII, II, 1910, p. 666.

d'hydrogène. Ce manganèse pulvérulent est *paramagnétique*. Fondu au four électrique à résistance dans une nacelle de magnésie et dans un courant d'hydrogène, il devient *ferromagnétique*. La courbe ci-contre, dans laquelle on a porté en abscisses les champs magnétiques et en ordonnées les aimantations spécifiques, est un cycle d'aimantation de cette singulière substance, cent fois moins magnétique que le fer et à champ coercitif dix fois supérieur à celui d'un acier à aimants permanents.

Le manganèse ferromagnétique a déjà été observé par Seckelson (¹).

Les renseignements assez vagues qu'il donne sur son aimantation ne semblent pas incompatibles avec nos mesures.

PHYSIQUE. — *Sur un cas particulier d'évaporation*. Note de M. P. **Vaillant**, présentée par M. J. Violle.

Quand un liquide s'évapore en atmosphère calme et illimitée, et que la surface libre est voisine des bords du vase d'évaporation, il s'établit assez rapidement un état de régime caractérisé par une vitesse d'évaporation (quantité évaporée par seconde) indépendante du temps.

Il n'en est plus de même lorsque la surface libre est à grande distance au-dessous du bord du vase : l'état de régime tarde alors à s'établir et, pendant une période assez longue, la vitesse d'évaporation diminue constamment.

Dans le cas limite d'un vase cylindrique indéfini, on peut, par application des équations de diffusion, montrer que la vitesse d'évaporation ne devient jamais constante et reste inversement proportionnelle à la racine carrée du temps.

Soit, à l'instant t, f la tension de la vapeur dans le tube à la distance x de la surface libre; soient, d'autre part, F la tension maxima de la vapeur (la température est supposée constante tout le long du tube) et k le coefficient de diffusion de la vapeur dans l'air.

On a, q étant le poids de liquide vaporisé au temps t, en milligrammes,

$$q = 1,293 \times \frac{0,0692}{2} \times \frac{273}{760} \times \mathrm{M} \times \frac{\mathrm{S}}{\mathrm{T}} \int_0^\infty f\,dx = \mathrm{AM} \int_0^\infty f\,dx;$$

M poids moléculaire de la vapeur, S section du tube, T température absolue le long

(¹) Seckelson, *Wied. Ann.*, t. LXVII, 1899, p. 37.

de ce tube. On tire de là

$$\frac{\partial q}{\partial t} = \text{AM}\int_0^\infty \frac{\partial f}{\partial t}\,dx = \text{AM}\int_0^\infty k\,\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}\,dx,$$

ou, en admettant que k est indépendant de f, ce qui est sensiblement exact,

$$\frac{\partial q}{\partial t} = \text{AM}\,k\left[\frac{\partial f}{\partial x}\right]_0^\infty.$$

Mais, d'après un calcul fait par Wiener pour la diffusion des liquides et qui s'applique au cas actuel, on a

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{f_0 - f_\infty}{2(\pi k t)^{\frac{1}{2}}}\,e^{-\frac{x^2}{4kt}} = \frac{\text{F}}{2(\pi k t)^{\frac{1}{2}}}\,e^{-\frac{x^2}{4kt}},$$

d'où l'on conclut, tant que t reste fini,

(1) $$\frac{\partial q}{\partial t} = \frac{\text{A}}{2\pi^{\frac{1}{2}}}\,k^{\frac{1}{2}}(\text{MF})\,t^{-\frac{1}{2}}.$$

J'ai étudié l'évaporation d'un certain nombre de liquides dans des tubes cylindriques de laiton de 32^{cm} de haut et de 2^{cm} de rayon.

Ces tubes, librement ouverts à la partie supérieure, étaient fermés inférieurement par un bouchon creux en laiton contenant le liquide à expérimenter.

Les tubes étaient immergés sur toute leur longueur dans une masse de 30^{kg} d'huile qui y maintenait la température très sensiblement uniforme. Je mesurais les quantités de liquide évaporées dans les temps

$$t_1,\quad 2t_1,\quad 3t_1,\quad 4t_1,\quad 6t_1,\quad 9t_1,\quad 12t_1,$$

t_1 représentant ordinairement 300 secondes et, pour les liquides peu volatils, 600 et même 900 secondes.

Les résultats obtenus peuvent, aux erreurs d'expérience près ($\frac{1}{50}$ environ), s'interpréter par des formules de la forme

$$q = a(\text{MF})\left(\frac{t}{300}\right)^m$$

ou

$$\frac{\partial q}{\partial t} = ma(\text{MF})\left(\frac{t}{300}\right)^{m-1} = b(\text{MF})\left(\frac{t}{300}\right)^{-n},$$

b ayant une valeur peu différente pour les différents liquides expérimentés et n étant un peu inférieur à $\frac{1}{2}$ et dépendant d'ailleurs de la nature du liquide.

Liquides.	Température.	$b \times 10^{-5}$.	n.
$(C^2H^5)^2O$	20°,7	279	0,41
C^5H^{12} (iso)	17,0	298	0,43
C^2H^5Br	17,2	274	0,38
CS^2	18,0	282	0,44
»	22,0	281	0,41
$CHCl^3$	18,4	270	0,41
»	22,4	266	0,40
$(CH^3)^2{=}CO$	18,7	279	0,44
»	22,0	280	0,45
C^2H^5I	15,0	236	0,44
»	16,2	241	0,40
C^6H^{14} (normal)	22,8	293	0,49
C^6H^{12} (hexaméthylène)	18,7	251	0,40
C^6H^6	18,0	285	0,40
»	21,6	278	0,42
CH^3OH	21,0	288	0,45
CCl^4	22,4	247	0,39
C^7H^8	21,2	299	0,38
C^6H^5Cl	23,1	283	0,34

Le fait que n est inférieur à $\frac{1}{2}$ s'explique aisément par le peu de longueur des tubes $\left(\text{au bout de 5 minutes } f \text{ à l'orifice du tube est déjà supérieur à } \frac{F}{10}\right)$. On s'explique moins que n apparaisse d'autant plus petit que le liquide est moins volatil. Quoi qu'il en soit, on voit que, même avec des liquides aussi volatils que l'isopentane ou l'éther, au bout de 1 heure d'évaporation, la vitesse de formation de la vapeur diminue toujours suivant la même loi et qu'on est par conséquent encore très loin du régime permanent.

OPTIQUE. — *Sur un nouveau réflectomètre.* Note (¹) de M. **Ch. Féry**, présentée par M. E. Bouty.

Les réfractomètres, basés sur la mesure de l'angle limite pour la détermination de l'indice de réfraction, et dits *réflectomètres*, utilisent tous des surfaces réfringentes planes.

L'emploi d'une surface sphérique, facile à employer pour les liquides, conduit au dispositif très simple qui fait l'objet de cette Note.

(¹) Présentée dans la séance du 7 mars 1910.

Dans un bloc de verre d'indice N, supérieur aux indices des liquides à mesurer, on a creusé une cavité hémisphérique de rayon de courbure R. Une demi-sphère polie, de même rayon de courbure et de même indice, peut remplir exactement cette cavité (*fig.* 1).

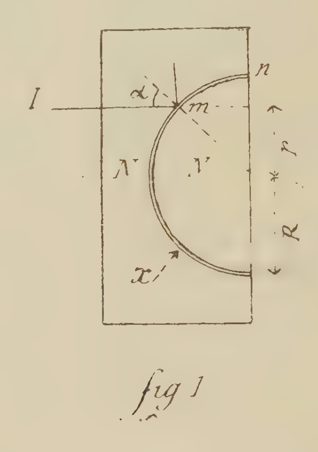


fig 1

Interposons entre les deux surfaces courbes une goutte du liquide à mesurer; la réflexion totale des rayons incidents parallèles, tels que I, se produira depuis le point m où l'angle de réflexion totale est atteint, jusqu'au bord n de la surface courbe.

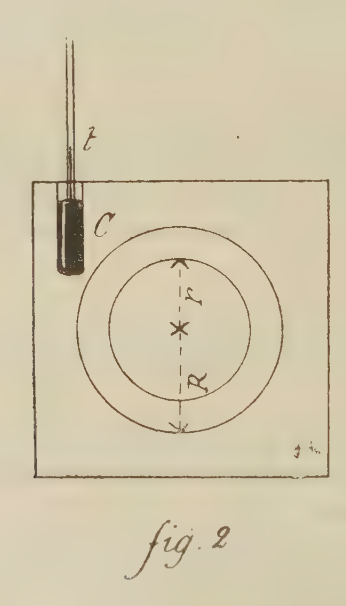


fig. 2

Si donc on vise le système avec une lunette, on apercevra une couronne complètement obscure limitée par deux cercles de rayons r et R (*fig.* 2), ce dernier étant

aussi le rayon de la demi-sphère; le reste du bloc se comporte comme une lame à faces parallèles.

Or

$$r = R \sin \alpha \quad (fig. 1)$$

et

$$x = N \sin \alpha,$$

x étant l'indice du liquide inconnu et α l'angle limite.

On a donc finalement

$$x = N \frac{r}{R}.$$

En laissant une mince couche d'air entre les deux surfaces, le rayon r' observé donne de suite l'indice du bloc

$$N = \frac{R}{r'} \tag{1}$$

en prenant l'indice de l'air pour unité.

De sorte que, finalement, il suffit de connaître le rayon r' obtenu avec l'air, et celui r donné par le liquide, pour avoir de suite l'indice de ce dernier

$$x = \frac{r}{r'}. \tag{2}$$

Les mesures ainsi faites sur un appareil d'essai ont donné :

Diamètre $2r'$, air interposé	23^{mm}
Diamètre $2r$, eau interposée	30,8
Diamètre 2R	40,1

La formule (1) donne.......... $N = \frac{40,1}{23,1} = 1,735$

La formule (2) donne.......... $x = \frac{30,8}{23,1} = 1,332$

$\frac{1}{10}$ de millimètre d'erreur sur la mesure de $2r$ donne donc 0,005 sur l'indice, avec le rayon R choisi.

Bien qu'utilisant l'angle limite, ce procédé s'applique même à des liquides très peu transparents, étant donnée la faible épaisseur de la lame soumise à la mesure.

La température du bloc est donnée très exactement par un thermomètre plongeant dans une cavité percée dans le verre et pleine de mercure; c'est aussi celle de la mince lame de liquide interposée.

ÉLECTRICITÉ. — *Actions chimiques et ionisation par barbotage.* Note de M. **L. Bloch**, présentée par M. E. Bouty.

I. On a cru longtemps que les réactions chimiques, par voie sèche ou par voie humide, sont accompagnées d'ionisation. Nous avons montré sur différents exemples (oxydations, dissociations, combustions vives) que les réactions par voie sèche ne produisent aucune ionisation ([1]). Ces résultats sont en général d'accord avec ceux de MM. de Broglie et Brizard ([2]).

Il importait de confirmer ce point en étudiant une réaction susceptible de se faire à la fois par voie sèche et par voie humide. Nous avons songé à l'attaque du zinc par l'acide chlorhydrique. On sait que l'hydrogène préparé ainsi par voie humide est toujours fortement conducteur. Nous avons attaqué vers 225° du zinc en poudre par le gaz chlorhydrique sec. Bien qu'il se forme dans ces conditions du chlorure de zinc en quantité notable, nous n'avons jamais obtenu aucune trace d'ionisation.

II. La question se pose alors de savoir quelle est l'origine des ions produits *par voie humide*.

Kösters, J.-J. Thomson, plus récemment MM. de Broglie et Brizard ont suggéré l'idée que ces ions sont dus au barbotage. Le seul argument fourni par ces derniers auteurs est l'absence de centres chargés dans les fumées produites par l'acide azotique agissant sur la benzine ou la térébenthine (*liquides inactifs par barbotage*). Nous verrons tout à l'heure ce que cet argument a d'insuffisant.

J'ai étudié spécialement l'action de l'acide chlorhydrique sur le zinc et me suis rendu compte des faits suivants :

1° Si l'on étudie, au cylindre de Faraday, le signe de la charge totale emportée par le gaz, non seulement on constate une ou deux inversions de signe au cours de la réaction, mais le signe initial lui-même, pour un liquide déterminé, dépend des conditions de l'attaque. Avec du zinc neuf, qui s'attaque lentement, le signe est négatif; avec du zinc ayant déjà servi, l'attaque est vive et le signe positif. Dans le premier cas, le dégagement d'hydrogène se fait par bulles relativement petites; dans le second, par grosses bulles. Lorsque la réaction s'épuise, les bulles diminuent et le signe redevient négatif. Il y a là une différence, au moins apparente, avec les phé-

---

([1]) L. Bloch, *Comptes rendus*, 22 mars 1908, p. 782 et 8 novembre, p. 775.

([2]) Cf. *Comptes rendus*, 14 juin 1909, p. 1596 et 22 novembre, p. 923.

nomènes usuels du barbotage, qui donnent lieu, même quand on varie beaucoup les conditions, à des signes constants. Ajoutons que le barbotage direct de l'hydrogène à travers la liqueur employée donne un signe positif, c'est-à-dire contraire à celui que donne le plus souvent l'action chimique [1].

2° Malgré ce désaccord, les faits montrent que l'ionisation par voie chimique, comme l'ionisation par barbotage, est un *effet de surface*. Elle n'est nullement liée à la quantité d'hydrogène dégagé, les dégagements les plus petits ($0^{cm^3}, 1$ à la minute par exemple) peuvent donner lieu à des effets intenses. De plus, *elle est supprimée complètement lorsqu'on verse à la surface de l'eau acidulée de petites quantités de liquides étrangers*. C'est ce qui ressort des expériences suivantes :

La réaction étant disposée de façon à donner des effets d'ionisation intenses (250 divisions de l'échelle en 15 secondes par exemple), on verse au-dessus du liquide chlorhydrique quelques centimètres cubes de benzine, d'huile de vaseline ou d'huile d'olive (*liquides inactifs par barbotage*). Les effets sont immédiatement réduits à néant. Quelques gouttes suffisent à diminuer beaucoup la vitesse de déviation de l'électromètre.

Si, au-dessus de la couche de benzine, on verse une couche d'alcool ou d'acétone (*liquides actifs par barbotage*), les effets ne reparaissent pas, bien que le dégagement gazeux ne soit pas sensiblement modifié. Il en est de même si l'on remplace la benzine par la benzine phéniquée (liquide actif par barbotage).

Si l'on verse directement, sur l'eau acidulée, une mince couche d'alcool ou d'acétone (*liquides actifs*), les effets sont supprimés sensiblement aussi bien que par la benzine. Seulement comme il s'agit de liquides miscibles à l'eau, la suppression n'est que temporaire et les effets reparaissent en partie quand la couche superficielle est dissoute. Si l'on rajoute de l'alcool ou de l'acétone en quantité un peu plus grande, les effets s'annulent et ne reparaissent plus. L'alcool amylique (liquide très actif par barbotage), beaucoup moins soluble dans l'eau que l'alcool ordinaire, agit beaucoup plus énergiquement que lui.

3° Sans rien changer aux conditions de la réaction, on peut se contenter de faire varier la surface du liquide en la faisant affleurer, par une faible dénivellation, d'un niveau large à un niveau étroit. On constate alors une réduction considérable des effets. Il en est de même si l'on dispose, dans le liquide, un obstacle qui modifie la structure des bulles. Dans les deux cas, à une diminution d'effets correspond un grossissement marqué du diamètre des bulles.

---

(1) Avec un acide très dilué, nous avons obtenu des effets d'ionisation *presque rigoureusement unipolaires*.

Nous concluons de là que l'ionisation par voie chimique (humide) est, comme l'ionisation par barbotage, un phénomène superficiel. Les divergences observées entre les deux cas peuvent tenir à la différence de grandeur qui existe entre les bulles formées par voie chimique et les bulles les plus petites formées par barbotage ([1]).

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Essai des métaux par l'étude de l'amortissement des mouvements vibratoires.* Note de M. O. **Boudouard**, présentée par M. Bertin.

D'après M. A. Guillet, l'étude de l'amortissement des mouvements vibratoires des fers et aciers doit permettre de caractériser les différentes espèces de métaux ([2]); en particulier, dans les mêmes conditions d'expériences, l'amortissement d'un U de fer doux est environ 3 fois plus grand que celui d'un U d'acier doux. A la suite de cette Note, M. Henry Le Chatelier appela l'attention des savants et des ingénieurs sur le problème posé par M. A. Guillet et insista sur l'importance qu'il pouvait avoir au point de vue industriel ([3]). J'ai entrepris, sous les auspices de la Société d'encouragement, une étude d'ensemble de la question; ce sont les premiers résultats obtenus qui font l'objet de cette Note.

Les essais ont porté sur un acier commercial de très bonne qualité, à 0,3 pour 100 de carbone.

La barre métallique vibre transversalement dans le sens horizontal; elle est fixée par une de ses extrémités dans une sorte d'étau s'élevant perpendiculairement à un banc muni d'une rainure longitudinale le long de laquelle peut coulisser l'électro-aimant destiné à l'attaque de la barre. Sur le côté du banc, qui est indépendant de l'étau, est montée une tablette de laiton munie également de deux rainures longitudinales le long desquelles peut se déplacer le contact d'entretien commandé par la tige vibrante. L'étau et le banc sont fixés solidement à une table d'ardoise à l'aide d'écrous de serrage, et la table fait corps avec les murs du bâtiment. Il importe en effet de réaliser dans ce genre d'expériences une rigidité absolue du support de la verge vibrante pour que le mouvement vibratoire de la verge ne soit pas affecté par des causes

---

([1]) Des mesures de mobilité nous ont fait voir que les ions des actions chimiques ont des mobilités comparables à celles que donne le barbotage. En particulier, à côté des gros ions signalés par Townsend et E. Bloch, on trouve des ions de dimensions moyennes dont les mobilités sont, par exemple, $0^{mm},4$-$0^{mm},6$.

([2]) *Comptes rendus*, t. CXLIX, p. 551.

([3]) *Revue de Métallurgie*, 1909, p. 888.

étrangères; l'installation que j'ai montée semble répondre à cette condition. Le contact d'entretien électrique du mouvement vibratoire est monté d'après les indications données par M. A. Guillet.

Pour la lecture des amplitudes, le filament d'une lampe à incandescence est placé dans le plan focal d'une lentille interposée entre la règle transparente graduée et un petit miroir plan fixé à l'extrémité de la tige vibrante. Avec un chronomètre, il est possible de mesurer la durée totale de l'amortissement, ou mieux encore les amplitudes à des temps différents, mais l'opération est très délicate. Pour avoir plus d'exactitude, et surtout pour éviter toute erreur personnelle, il est plus commode d'enregistrer photographiquement le mouvement vibratoire normal et les courbes d'amortissement sur un cylindre tournant, modèle Richard par exemple; comme source lumineuse, il faut prendre alors une lampe Nernst. Une description très détaillée de toute l'installation, dont je viens de donner rapidement le plan, paraîtra ultérieurement dans un autre Recueil. Dans chaque série d'essais, on enregistre la courbe d'amortissement de la barre avant de la faire vibrer, puis les courbes d'amortissement à des intervalles de temps variés jusqu'au moment de la rupture; on compare ensuite les divers diagrammes.

J'ai ainsi étudié l'acier dont il a été question précédemment, brut de laminage, recuit et trempé. L'élongation totale de l'extrémité libre de la verge vibrante est de $3^{cm},5$ à 4^{cm}, ce qui correspond à un angle d'écartement de $6°$ à $7°$ environ entre les positions extrêmes; on compte 30 vibrations doubles par seconde. La barre d'acier brute de laminage s'est rompue après 12 heures 30 minutes, soit 1350000 vibrations; la barre recuite, après 4 heures 30 minutes, soit 486000 vibrations; la barre trempée, après 30 minutes, soit 54000 vibrations. La rupture se produit toujours près de l'encastrement, et elle est annoncée qualitativement par un affaiblissement du mouvement vibratoire; au moment de la rupture qui se produit dans toute la section de la barre, la partie libre ne tombe pas d'elle-même, et il faut même un certain effort pour séparer les deux morceaux; l'examen de la section à l'œil nu montre des zones parallèles à partir de la face non attaquée par l'électro-aimant avec une différence de grosseur du grain; la métallographie microscopique ne permet pas d'établir des différences bien nettes au point de vue de la structure interne du métal. En cherchant à analyser le phénomène d'une manière plus approfondie, on pouvait espérer suivre l'altération du métal au fur et à mesure de sa progression, cette altération devant se manifester par un accroissement rapide et très considérable de la vitesse d'amortissement du mouvement vibratoire; la comparaison des courbes enregistrées dans ces premières expériences ne paraît pas très démonstrative, sauf pour le métal trempé, et il semblerait ainsi que le métal ne subit pas de transformation moléculaire notable avant la rupture. De nouveaux essais sont nécessaires pour élucider ce point.

En résumé, les résultats obtenus dans cette étude préliminaire m'engagent à continuer ce travail, et je me propose d'étudier maintenant, d'une manière systématique, l'amortissement des mouvements vibratoires dans des métaux de composition chimique différente ayant subi des traitements thermiques différents, pour rechercher comment cette nouvelle propriété des métaux varie avec les conditions qui jouent un rôle prépondérant dans la détermination de leurs propriétés mécaniques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'analyse de l'essence de térébenthine par les courbes de miscibilité.* Note de M. **M. Vèzes**, présentée par M. A. Haller.

La publication par M. Louïse, dans les *Comptes rendus* du 28 février dernier (t. 150, p. 526), d'une méthode d'analyse des essences de térébenthine basée sur la solubilité réciproque de ces essences et de l'aniline, me fait un devoir de signaler les résultats obtenus depuis quelques mois par mes collaborateurs et moi-même sur le même sujet. Comme on va le voir, ces résultats confirment, d'une manière générale, les vues de M. Louïse : nous avons, nous aussi, reconnu depuis longtemps que l'aniline constitue un réactif de choix pour l'examen de l'essence de térébenthine ; mais nous avons constaté en même temps que son emploi comporte certaines causes d'erreur, qu'il est important de ne pas négliger.

La courbe de solubilité réciproque (ou courbe de miscibilité) de l'essence de térébenthine et de l'aniline a été déterminée, durant l'année 1908-1909, par un de mes élèves, M. Queysanne, dans un travail qui lui a valu, en juin 1909, le diplôme d'études supérieures de Sciences physiques. L'essence employée était de l'essence landaise récemment rectifiée, d'acidité nulle, de densité 0,8656 à 15°, d'indice 1,4676 (à 25° pour la raie D et par rapport au vide), donnant au polarimètre une rotation de — 31°,20 (à 20° dans un tube de 100^{mm} et pour la raie D). L'aniline employée bouillait à 183°,1 sous une pression de $759^{mm},3$, et fondait à — 6°,28 ; sa densité était de 1,0256 à 15°, et son indice, mesuré dans les mêmes conditions que plus haut, de 1,5826. Rapportée, comme il est d'usage, à la concentration définie par le rapport de la masse de l'un des composants à la masse totale, la courbe obtenue par M. Queysanne est sensiblement une parabole : son point critique correspond à la température de 18°,05 et à 45,4 pour 100 d'essence. Rapportée, comme le fait M. Louïse, à la concentration définie par le rapport des volumes des deux composants, cette courbe diffère très peu de celle que donne cet auteur pour l'essence qu'il nomme *Mont-de-Marsan pure*.

Depuis lors, nous avons déterminé la courbe de solubilité réciproque de

l'aniline et d'un white spirit commercial, d'acidité nulle, caractérisé par une densité de 0,7615 à 25° et un indice de 1,4305 (à 25° pour la raie D et par rapport au vide), ainsi que celles que fournit l'aniline avec des mélanges en diverses proportions d'essence de térébenthine et de white spirit. La première de ces courbes, rapportée aux coordonnées habituelles, est non seulement déplacée, mais aussi très déformée par rapport à la parabole précédente: son maximum de température correspond à plus de 50° et à 25 pour 100 d'essence. Cette déformation concorde mal avec celle que signale M. Louïse pour la courbe fournie par le white spirit et construite avec ses notations: le maximum de température de cette dernière correspond à un mélange de 7^{cm^3} d'essence avec 10^{cm^3} d'aniline, soit à 37 pour 100 d'essence en poids, et à une température de 47° environ. L'écart de ces résultats paraît dû à la variété des produits désignés sous le nom de *white spirit*.

Quant aux courbes que nous avons obtenues avec des mélanges de white spirit et d'essence, elles dénotent la déformation graduelle de la parabole primitive à mesure que la dose de white spirit augmente. La courbe correspondant à un mélange à 20 pour 100 de white spirit a son maximum de température vers 25°; la courbe correspondante de M. Louïse a son maximum au-dessous de 23°. On voit par là que le dosage du white spirit par cette méthode dépend, dans une certaine mesure, de l'échantillon de white spirit employé.

Nous avons étudié, d'autre part, l'influence exercée sur la courbe de miscibilité de l'aniline et de l'essence par les produits de distillation sèche de la colophane, huile de résine et essence vive de résine. Une huile de résine raffinée, sensiblement neutre, ajoutée à la dose de 5 pour 100 à de l'essence de térébenthine, abaisse sa courbe de miscibilité d'environ 1°. Nous avons observé un déplacement plus notable avec une essence vive de résine légèrement acide (sa saturation à la phtaléine exigeait 3^g de potasse pure KOH par litre), dont l'addition, à la dose de 5 pour 100, produit un abaissement d'environ 2°. Il est difficile de comparer ces résultats avec ceux que donne M. Louïse, car les indications que fournit son texte se rapportent à l'huile de résine, tandis que la figure qui l'accompagne ne donne que la courbe relative à l'essence vive; de plus, il ne fournit aucun renseignement sur l'acidité des échantillons dont il a fait usage.

Il est à prévoir en effet, étant donnée l'alcalinité de l'aniline, que l'acidité plus ou moins grande des essences qu'on lui mélange exercera une influence notable sur leur solubilité réciproque. Or c'est par leur teneur en matières

acides (colophane provenant de la gemme initiale, acides volatils formés par oxydations dans les essences vieillies), en même temps que par leur teneur en carbures moins volatils que le pinène, que les essences des Landes se différencient les unes des autres. Nous avons donc été amenés à étudier l'influence des adultérants normaux de l'essence, et notamment de la colophane, à qui elle doit toujours la majeure partie de son acidité. Sans entrer ici dans des détails qui trouveront leur place dans une publication ultérieure, nous signalerons seulement, comme un résultat important de cette étude, l'influence considérable exercée par la colophane sur le phénomène étudié : une addition à l'essence de 5 pour 100 de colophane (de nuance M et d'acidité correspondant à 163^{mg} de potasse KOH par gramme) suffit pour abaisser d'une dizaine de degrés la courbe de miscibilité de cette essence, c'est-à-dire pour réaliser un déplacement comparable — bien que de sens inverse — à celui qui résulterait de l'addition de 40 pour 100 du white spirit employé par M. Louïse. La teneur en colophane des essences des Landes variant de 0,0 à 0,6 pour 100 dans les essences commercialement pures, et pouvant atteindre jusqu'à 3 pour 100 dans les essences de qualité inférieure, on voit que cette colophane peut masquer, dans l'application de la méthode dont il s'agit, jusqu'à près de 25 pour 100 de white spirit.

Aussi nous paraît-il indispensable, pour appliquer la solubilité réciproque de l'aniline et de l'essence de térébenthine à la recherche des falsifications de cette dernière, d'opérer non sur l'essence elle-même, mais sur l'une des fractions obtenues au cours de sa distillation fractionnée, et dont on aura eu soin de vérifier la neutralité. Ce fractionnement préalable ne constitue pas pour l'analyste un supplément de travail : c'est en effet, parmi les opérations que comporte l'analyse des essences de térébenthine, l'opération fondamentale dont tous les spécialistes s'accordent à reconnaître l'importance et sans laquelle, dans la plupart des cas, ils n'oseraient conclure avec certitude.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur une solution colloïdale d'arsenic métalloïdique pur.* Note de M. **Lecoq**, présentée par M. A. Haller.

M. Auger (*Comptes rendus*, t. CXLV, 28 octobre 1907) a indiqué une méthode permettant de préparer un arsenic colloïdal par réduction, à basse température et en milieu alcoolique, du trichlorure d'arsenic par l'acide hypophosphoreux. La variété d'arsenic ainsi obtenue ne donne de pseudo-solution qu'en présence d'alcalis et retient des quantités variables de phosphore et d'alcalis dont il est impossible de la débarrasser.

On peut obtenir, par voie électrique, une solution colloïdale d'arsenic exempt d'impuretés, stable en milieu neutre ou acide. Cette solution se prépare soit en électrolysant une solution alcaline avec une anode d'arsenic, soit par électroréduction d'une solution alcaline d'acide arsénieux.

I. Dans l'électrolyse des solutions alcalines, l'anode seule doit être en arsenic. Différents métaux peuvent être employés comme cathode, particulièrement le fer et le platine. En opérant sous un potentiel de 80 à 100 volts, avec une densité de courant de 1 ampère environ, l'anode se pulvérise lentement en donnant une solution colloïdale. La stabilité de la pseudo-solution ainsi obtenue est très augmentée si l'on fait l'électrolyse en présence d'un colloïde stable.

La concentration de la liqueur en alcali, la différence de potentiel et la distance de deux électrodes semblent être les facteurs dont dépend la grosseur des granules du colloïde. Mais dans tous les cas, la pseudo-solution ainsi obtenue, observée à l'ultramicroscope, se montre constituée par des grains de grosseur variable et, abandonnée à elle-même après neutralisation, elle laisse déposer une partie de son métalloïde. Durant la préparation, il y a formation de petites quantités d'acide arsénieux.

II. L'électroréduction de l'acide arsénieux en liqueur alcaline est susceptible de donner naissance à une solution colloïdale d'arsenic à petits grains, beaucoup plus stable que la précédente. Les meilleurs résultats sont obtenus dans les conditions suivantes :

L'anode est constituée par une lame de platine de 4^{cm^2} à 5^{cm^2}, la cathode par une surface de mercure couvrant le fond d'un cristallisoir de 1^l à fond plat de 18^{cm} à 20^{cm} de diamètre. On soumet à l'électrolyse une solution fortement alcaline d'acide arsénieux très pur obtenue, par exemple, en dissolvant 3^g d'anhydride arsénieux dans 1^l de soude à 3 pour 1000. Le courant utilisé est réglé entre 2 et 3 ampères sous 100 volts environ.

La solution s'échauffe notablement et il est nécessaire de refroidir. Une certaine quantité d'acide arsénieux, variable suivant les conditions de l'expérience, échappe toujours à la réduction. On le sépare complètement par une dialyse suffisamment prolongée.

Lorsque la solution d'acide arsénieux soumise à l'électroréduction n'est additionnée d'aucun colloïde stable, la durée de la solution colloïdale obtenue est éphémère. Par contre, en additionnant cette solution de petites quantités d'un colloïde stable, tel que la gomme, elle peut se conserver très longtemps. Des pseudo-solutions contenant $0^g,0008$ d'arsenic et $0^g,005$ de gomme par centimètre cube n'ont pas précipité au bout de 6 mois, après neutralisation par un acide fort et séparation de l'acide arsénieux par dialyse. L'addition de glycérine augmente également la stabilité de la pseudo-solution.

Propriétés de la solution colloïdale d'arsenic. — La solution colloïdale d'arsenic est de couleur brun rouge très foncé. Observée à l'ultramicroscope, elle laisse voir des granules très fins et de grosseur très uniforme lorsque le colloïde a été obtenu par électroréduction de l'acide arsénieux.

Le mouvement brownien est accentué et s'amplifie par addition de petites quantités d'électrolytes.

La solution s'oxyde rapidement à l'air lorsqu'elle est alcaline : neutre ou acide, elle reste inaltérée. En présence d'eau oxygénée, en milieu alcalin, l'oxydation est immédiate. Il y a, dans ces deux cas, formation exclusive d'arsénites. La liqueur décinormale d'iode oxyde extemporanément la solution colloïdale d'arsenic alcaline avec formation d'arséniates. La réaction est quantitative.

La solution colloïdale d'arsenic n'oxyde pas la teinture de Gaïac.

La solution colloïdale d'arsenic, stabilisée avec de faibles quantités de gomme, présente, vis-à-vis des électrolytes, une stabilité beaucoup plus grande que les autres solutions colloïdales métalliques. Les alcalis concentrés ne la précipitent pas, même en grand excès, avant de l'oxyder. Les sels et les acides faibles la précipitent difficilement. En présence d'un grand excès d'acide chlorhydrique concentré, la précipitation est rapide et totale à chaud. Cette propriété a été utilisée pour doser gravimétriquement l'arsenic en suspension et pour caractériser, dans la solution chlorhydrique filtrée, par la réaction de l'acide hypophosphoreux, l'acide arsénieux qui peut avoir échappé à la réduction et à la dialyse.

Analyse. — La solution colloïdale d'arsenic, préparée par électroréduction de l'acide arsénieux et dialysée jusqu'à ce que les liqueurs chlorhydriques, après précipitation de l'arsenic, ne présentent plus la réaction de l'acide arsénieux, a été soumise à l'analyse par pesée et par l'iodométrie. Il a été trouvé :

Par *pesée*, $0^g,0007$ d'arsenic par centimètre cube (moyenne de trois expériences);

Par *iodométrie*, $0^g,00077$ d'arsenic par centimètre cube (moyenne de trois expériences).

On doit donc admettre que l'arsenic se trouve dans cette solution colloïdale sous sa forme métalloïdique pure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Catalyse des acides aromatiques.* Note de M. **J.-B. Senderens**, présentée par M. G. Lemoine.

I. *Catalyseurs.* — J'ai montré précédemment [1] qu'en faisant passer sur la thorine les vapeurs d'acide benzoïque et d'un acide gras, on obtenait

[1] *Comptes rendus*, 10 janvier 1910, p. 111.

la cétone aromatique dérivée de ces deux acides. Avant d'étendre cette méthode aux autres acides aromatiques, j'ai repris, avec divers catalyseurs, les expériences déjà décrites, afin de déterminer, par une étude comparative, la valeur de chacun d'eux.

La *chaux*, l'*oxyde de zinc*, l'*alumine*, l'*oxyde chromique* se comportent, vis-à-vis d'un mélange d'acide benzoïque et d'acide gras, d'une façon à peu près identique à celle qui a été relatée pour les acides forméniques employés seuls ([1]). Avec ces oxydes, surtout avec les deux derniers, on arrive à préparer l'acétophénone à partir d'un mélange d'acide benzoïque et d'acide acétique; mais, lorsqu'à l'acide acétique on substitue ses homologues, on constate qu'à mesure que la teneur en carbone augmente les rendements deviennent de plus en plus mauvais.

Dans la famille du thorium, l'*oxyde cérique* CeO^2, l'*anhydride titanique* amorphe TiO^2, l'*oxyde stannique* SnO^2 se sont montrés très inférieurs à la thorine. Ils décomposent énergiquement les acides organiques; mais, au lieu de se borner à la formation des cétones, ils fournissent en grande partie les produits de leur destruction.

Avec la zircone ZrO^2, les choses se passent autrement. Pour beaucoup d'acides forméniques employés seuls ou mêlés à l'acide benzoïque, les propriétés catalytiques de cet oxyde sont tout à fait comparables à celles de la thorine, mais elles semblent fléchir avec certains acides, notamment avec les homologues de l'acide benzoïque, alors que pour la thorine la production des cétones se fait, dans tous les cas, avec la même régularité.

L'*oxyde vert d'uranium* U^3O^8, dont j'avais signalé l'action sur les acides forméniques, un peu plus lente que celle de la thorine, conserve cette même activité lorsque ces acides sont mêlés à l'acide benzoïque. Durant la réaction, l'oxyde vert est ramené progressivement à l'état d'uranyle, UO^2, qui devient ainsi le véritable catalyseur.

Il résulte de ce qui précède, que pour la préparation des cétones aromatiques je disposais de trois catalyseurs : la *thorine*, la *zircone* et l'*uranyle*, et que la thorine se recommandait à mon choix par son action plus régulière que celle de la zircone et plus rapide que celle de l'uranyle.

II. *Action catalytique.* — Après avoir préparé par l'action catalytique de la thorine, comme il a été dit plus haut, les cétones aromatiques dérivées de l'acide benzoïque, j'ai appliqué le même catalyseur aux homologues de cet acide tels que : l'acide *phénylacétique* ou *α-toluique*

$$C^6H^5-CH^2-CO^2H;$$

l'acide *hydrocinnamique* ou *phényl-3-propanoïque*

$$C^6H^5-CH^2-CH^2-CO^2H;$$

([1]) *Comptes rendus*, 19 juillet 1909, p. 213.

les acides *toluiques* $C^6H^4(CH^3)CO^2H$ ortho, méta et para. Mes expériences ont également porté sur les acides *naphtoïques* α et β $C^{10}H^7CO^2H$.

De même que pour l'acide benzoïque, j'ai fait passer sur la thorine chauffée vers 430°-450°, ces divers acides, soit seuls, soit mêlés à des acides gras. Ces derniers mélanges sont généralement liquides à la température ordinaire, ce qui facilite les opérations.

Le dédoublement catalytique est tout aussi aisé et aussi complet qu'avec l'acide benzoïque. J'ai pu préparer de la sorte une trentaine de cétones aromatiques mixtes dont je me réserve de donner, dans des Communications ultérieures, les constantes physiques et les combinaisons caractéristiques. Parmi ces cétones, plusieurs n'ont pas été décrites, et pour quelques-unes des cétones déjà connues, les constantes varient selon les auteurs, ce qui s'explique par la difficulté qu'on avait jusqu'ici à préparer ces cétones et à les obtenir pures.

Une différence assez remarquable que j'ai rencontrée dans le cours de ces recherches, c'est celle qui existe, au point de vue catalytique, entre les acides où le groupe carboxyle est uni directement au noyau aromatique, et les acides où ce carboxyle se relie au noyau par l'intermédiaire d'une chaîne forménique.

Dans le premier cas, la cétone symétrique ne se forme pas. C'est ainsi que l'acide benzoïque passant en vapeurs sur la thorine ne fournit pas de benzophénone, et celle-ci ne se retrouve pas non plus avec les cétones mixtes provenant du mélange de l'acide benzoïque avec un acide gras [1]. De même, il ne se produit pas de dicrésylcétone avec les acides toluiques, ni de dinaphtylcétone avec les acides naphtoïques.

Dans le second cas, au contraire, la cétone symétrique se forme toujours. L'acide phénylacétique, par exemple, mêlé aux acides forméniques, donne avec la thorine, en même temps que les cétones mixtes, une certaine proportion de *dibenzylcétone* qu'il est facile de préparer à l'état de pureté par la catalyse de l'acide phénylacétique seul. De même, l'acide phényl-3-propanoïque catalysé seul fournit la cétone symétrique

$$C^6H^5 - CH^2 - CH^2 - CO - CH^2 - CH^2 - C^6H^5,$$

la *diphényl*-1.5-*pentanone*-3, laquelle se rencontre, en plus ou moins grande quantité, dans les cétones mixtes provenant du mélange de l'acide phényl-3-propanoïque avec les acides gras.

---

(1) *Comptes rendus*, 10 janvier 1910, p. 111.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la stabilité des β-cétoaldéhydes.* Note de M. F. **Couturier**, présentée par M. A. Haller.

J'ai montré dans une Note précédente (*Comptes rendus*, t. CLX, p. 1695) quelles paraissaient être les conditions de stabilité des cétoaldéhydes de forme R — CO — CH = CHOH, obtenues au moyen de cétones saturées à chaîne arborescente, et leur stabilité s'est montrée d'autant plus grande que le groupement hydrocarboné de substitution se trouve plus rapproché de la fonction cétonique. Je me propose, dans cette Note, de confirmer, par un exemple nouveau, cette manière de voir, et d'étudier les produits de condensation obtenus avec des cétones non saturées.

1° Dans la série des cétones saturées, la *méthylheptanone*

$$CH^3 - \underset{\displaystyle CH^3}{CH} - CH^2 - CH^2 - CH^2 - CO - CH^3$$

a été condensée avec l'éther formique au moyen du sodium métallique, d'après la méthode que j'ai employée précédemment.

Le sel de cuivre $(C^9H^{16}O^2)^2Cu$ du *méthyloctanonal* ainsi obtenu se présente sous la forme de cristaux bleus solubles dans l'éther, et fusibles à 112°. Sa décomposition par l'acide sulfurique étendu à 10 pour 100 donne un liquide assez fluide, fortement coloré, mais qui ne peut distiller sans décomposition, même dans le vide. L'analyse de son sel de cuivre a pu seule donner des résultats rigoureux. Cette cétoaldéhyde manifeste donc une stabilité moindre que celles déjà décrites, et il faut en chercher la cause dans la position de la substitution méthylée, qui se trouve à une distance de la fonction cétonique assez grande pour que la cétoaldéhyde se comporte comme ayant une chaîne linéaire.

2° Les cétones non saturées de forme R — CO — CH^3, dans lesquelles le radical hydrocarboné R présente un groupement éthylénique, se comportent en général, dans la condensation avec l'éther formique, de façon à donner des cétoaldéhydes instables, formant des sels de cuivre bien cristallisés, mais d'où la cétoaldéhyde ne peut pas être isolée sans décomposition. Ces condensations se font du reste, généralement, avec une assez grande difficulté, et les rendements obtenus sont souvent faibles.

J'ai ainsi réalisé les condensations suivantes :

Isopropylidènecétoaldéhyde $\frac{CH^3}{CH^3}\!>\!C = CH - CO - CH = CH\,OH$. — Cette cétoaldéhyde a été préparée par condensation de l'oxyde de mésityle avec l'éther formique. Son sel de cuivre, obtenu par addition d'acétate neutre de cuivre à 45°, est d'abord traité par l'éther de pétrole à froid qui dissout les goudrons formés abondamment à côté du produit principal, puis par l'éther à chaud qui laisse déposer des cristaux noirs très purs, fondant à 134°. Ce sel de cuivre étant peu soluble dans l'éther, il est nécessaire de faire plusieurs épuisements à chaud pour le séparer de l'acétate de cuivre auquel il était mélangé.

Avec 25g d'oxyde de mésityle, on obtient 50g environ de sel de cuivre pur, soit un rendement de 52 pour 100.

La décomposition du sel de cuivre par l'acide sulfurique à 10 pour 100 donne un liquide se décomposant en grande partie par la distillation dans le vide. Le sel de cuivre seul a pu être analysé.

Normalbutylènecétoaldéhyde $CH^2 = CH - CH^2 - CH^2 - CO - CH = CH\,OH$ préparée par condensation de l'alhylacétone avec l'éther formique. Le sel de cuivre de cette cétoaldéhyde est bleu pâle, peu soluble dans l'éther, assez soluble dans l'alcool à chaud, d'où l'on retire par refroidissement de petits cristaux bleus, fondant à 136°.

La décomposition du sel de cuivre par SO^4H^2 à 10 pour 100 a permis d'isoler un liquide bouillant à 58° sous 13mm, mais subissant néanmoins une légère décomposition à la distillation. Sa stabilité paraît toutefois supérieure à celle du produit dérivé de l'oxyde de mésityle.

L'*isométhylhepténone* $\frac{CH^3}{CH^3}\!>\!CH - CH^2 - CH = CH - CO - CH^3$ n'a donné avec l'éther formique aucun produit de condensation. La méthylhepténone synthétique donne, au contraire, une cétoaldéhyde stable, ainsi que l'a montré M. Leser, et il est probable que cette différence de résultat est due à la position de la liaison éthylénique dans les 2mol.

De ces réactions on peut tirer les conclusions suivantes :

La présence de la liaison éthylénique dans une cétoaldéhyde de la forme indiquée ci-dessus donne de l'instabilité au produit; en effet l'*isopropylidènecétoaldéhyde* correspond exactement, comme condensation en carbone à l'*isovalérylaldéhyde;* la première, à fonction éthylénique, n'est pas stable, alors que la seconde, à chaîne saturée, peut distiller dans le vide sans décomposition.

En second lieu l'instabilité paraît d'autant plus grande que la fonction éthylénique est plus rapprochée du groupement cétonique, ainsi que le montrent les propriétés comparées de l'isopropylidènecétoaldéhyde et de la butylènecétoaldéhyde.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de synthèse des cétones non saturées.* Note de M. G. **Darzens**, présentée par M. A. Haller.

J'ai entrepris, il y a quelque temps, des recherches afin d'examiner si la méthode de synthèse au chlorure d'aluminium de Friedel et Crafts, était applicable aux carbures hydroaromatiques. Je me suis tout d'abord adressé à l'action des chlorures d'acides, et j'ai tenté de préparer l'hexahydroacétophénone par l'action du chlorure d'acétyle sur l'hexahydrobenzène.

L'expérience n'a pas confirmé ces espérances, car en traitant un mélange équimoléculaire d'hexahydrobenzène et de chlorure d'acétyle par une molécule de $AlCl^3$, il ne se produit aucune réaction à froid; en élevant la température, on n'obtient que les produits de la réaction de $AlCl^3$ sur CH^3COCl, l'hydrocarbure restant intact.

J'ai alors tenté cette généralisation sur le tétrahydrobenzène qui est un carbure cyclique hexagonal présentant une double liaison comparable à l'une des trois doubles liaisons qui existent dans la benzine. L'expérience a entièrement confirmé mon induction, mais cette réaction présente un caractère bien différent de celle de Friedel et Crafts. Elle constitue une nouvelle réaction de synthèse plus générale que celle de ces deux savants qui n'en est qu'un cas particulier.

Lorsqu'on ajoute lentement 133g de chlorure d'aluminium en poudre fine dans un mélange bien refroidi au-dessous de 0°, de 78g de chlorure d'acétyle, de 82g de tétrahydrobenzène et de 600g de CS^2, le premier terme de la réaction est un simple produit d'addition de chlorure d'acide sur le carbure

$$\begin{array}{ccc} & CH & \\ CH^2 & & CH^2 \\ CH^2 & & CH \\ & CH^2 & \end{array} + Cl-CO-CH^3 = \begin{array}{ccc} & CHCl & \\ CH^2 & & CH-CO-CH^3 \\ CH^2 & & CH^2 \\ & CH^2 & \end{array}$$

Cette cétone chlorée donne ensuite avec $AlCl^3$ une combinaison complexe assez stable, ayant l'aspect d'une huile brune insoluble dans CS^2.

En reprenant le produit par l'eau glacée, cette combinaison se scinde et met en liberté la cétone chlorée qui ne tarde pas à se décomposer elle-même partiellement en se polymérisant, surtout si l'on cherche à l'isoler par distillation. En la traitant au contraire de suite par une base tertiaire, comme la diéthylaniline, elle se dédouble nette-

ment en HCl et tétrahydroacétophénone

$$\overset{Cl}{\bigcirc}-CO-CH^3 = HCl + \bigcirc-CO-CH^3,$$

liquide incolore à odeur forte d'acétophénone et d'acétate d'amyle. Elle bout à 201°-202°; sa semi-carbazone fond à 220°, son oxime à 99°.

M. Wallah (1), en soumettant le cyclohexène-éthane, de formule

$$\bigcirc = CH - CH^3,$$

à l'action du chlorure de nitrosyle, a obtenu un nitrosochloruré qui, traité par l'acétate de soude, a donné une oxime; cette oxime, saponifiée par l'acide sulfurique dilué, a fourni une tétrahydroacétophénone identique à celle que je viens de préparer.

Cette identité établit sans doute possible la position de la double liaison.

Je ferai remarquer que, malgré les bons rendements indiqués par M. Wallah, la méthode de préparation que je viens de donner est préférable à cause de sa simplicité; elle donne, d'ailleurs, en une seule opération, 50g de cétone pure.

En présence de ce résultat, j'ai été amené à penser que la réaction de condensation que je venais de découvrir ne dépendait pas de la forme cyclique de la molécule, mais uniquement de la double liaison éthylénique.

J'ai alors entrepris une série d'expériences sur d'autres carbures éthyléniques, tant dans la série grasse que dans la série hydroaromatique.

J'ai constaté que, dans tous les cas, il y avait fixation du chlorure d'acide pour donner naissance à une cétone chlorée, qui, à son tour, perd HCl sous l'action d'une base tertiaire, pour donner naissance à une cétone non saturée. Il en résulte donc une méthode très générale pour la préparation de ces corps.

Des idées théoriques que j'exposerai plus tard m'ont amené à supposer que le chlorure d'aluminium n'était pas le seul chlorure capable d'entraîner ces condensations. J'ai donc entrepris des recherches en ce sens, et j'ai été amené à trouver qu'il s'agissait d'une propriété très générale des chlorures anhydres.

---

(1) Justin, *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CCCLX, p. 46.

Les chlorures de soufre, de cuivre, de mercure, le chlorure stanneux, sont sans action; parmi les éléments triatomiques, le chlorure de bore, le chlorure ferrique, le trichlorure d'antimoine, déterminent la réaction, mais avec de moins bons rendements que $AlCl^3$. Pour les éléments tétratomiques, le chlorure de silicium est sans action, le tétrachlorure de titane donne de bons rendements, le tétrachlorure d'étain donne une condensation tellement nette qu'il paraît plus avantageux que $AlCl^3$, et j'ai été ainsi amené à la préparation suivante de la tétrahydroacétophénone :

Dans une solution bien refroidie, de 250g de $SnCl^4$ et 600g de CS^2, on verse lentement un mélange de 78g,5 de chlorure d'acétyle, et de 82g de tétrahydrobenzène. Ce liquide ne tarde pas à se colorer en rouge foncé, puis il se dépose une huile qui occupe bientôt près de la moitié du mélange. Pendant cette condensation, il ne se dégage pas de HCl. Au bout de quelques heures, on reprend le produit par l'eau, et il se décolore par suite de la décomposition du complexe stannique coloré. Après lavages convenables de la solution sulfocarbonique, on ajoute une molécule-gramme de diéthylaniline, on chasse le sulfure, et l'on chauffe pendant quelques heures à 180°. Le produit de la réaction est ensuite lavé à l'eau acidulée, séché sur SO^4Na^2 et rectifié.

On obtient ainsi environ 60g de cétone pure, soit un rendement de 50 pour 100.

Cette méthode générale de synthèse des cétones non saturées me paraît avoir un grand intérêt. Les carbures éthyléniques sont, en effet, des matières premières faciles à se procurer.

D'autre part, les cétones non saturées se prêtent à un grand nombre d'autres réactions de synthèse.

Nous devons rappeler que M. Kondakoff [1], en condensant le chlorure d'acétyle sur l'isobutylène et le triméthyléthylène, en présence de $ZnCl^2$, a déjà observé une addition du genre de celle que nous venons d'étudier, et a obtenu l'oxyde de mésityle, et son homologue monométhylé.

D'autre part, M. Blanc [2], en traitant l'isolauronolène par le chlorure d'acétyle en présence de $AlCl^3$, a réussi à préparer la cétone correspondante. Les rendements étaient médiocres, sans doute à cause du mode opératoire. M. Blanc n'a pas expliqué cette réaction par fixation du chlorure d'acide sur la double liaison, mais l'a considéré comme une application de la méthode de Friedel et Crafts.

Ces deux travaux ne font que confirmer la généralité de ma réaction dont ils sont des cas particuliers.

---

(1) *Bulletin de la Société chimique*, 3e série, t. VII, p. 576.

(2) *Ibid.*, t. XIX, p. 699.

Il me semble également que la réaction de Friedel et Crafts peut s'expliquer en admettant la formation des mêmes produits d'addition chlorés qui, dans la série aromatique, se décomposent spontanément par une simple élévation de température.

Une suite de longues recherches entreprises avec la collaboration de M. Rost, m'ont permis de préparer à l'aide de cette réaction un grand nombre de cétones nouvelles, tant dans la série grasse que dans la série hydroaromatique.

Nous avons également réussi à condenser des halogénures alcooliques sur un certain nombre de corps à fonction éthylénique.

Nous demandons qu'on veuille nous accorder le temps nécessaire pour parfaire cette découverte.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la coagulation de la matière amylacée par congélation.* Note de M. G. **Malfitano** et Mlle A. **Moschkoff**, présentée par M. L. Maquenne.

Si l'on congèle en un glaçon compact une solution colloïdale de fécule de pomme de terre, après fusion, la plus grande partie de la matière amylacée forme un coagulum filamenteux au sein d'un liquide parfaitement limpide, qui se colore en bleu par l'iode.

En opérant avec des liqueurs qui ne contiennent pas plus de 20^g^ par litre et qui, ayant été suffisamment chauffées, sont devenues très stables et tout à fait homogènes à la lumière, la séparation est on ne peut plus nette. Dans le liquide retiré par centrifugation ou par filtration, on trouve aux dosages une faible proportion de la matière amylacée, et presque en entier les cendres, apportées avec la fécule.

Le coagulum, séparé du liquide et divisé de nouveau par chauffage dans de l'eau très pure, donne une liqueur où, après congélation, presque toute la matière amylacée est coagulée, et le liquide n'en contient que des traces accompagnées des matières minérales dont la quantité est nécessairement très faible.

En répétant ces manipulations, on élimine de plus en plus les matières minérales, et la matière amylacée ne forme alors que des solutions colloïdales fort hétérogènes, même à chaud, et qui donnent un sédiment en se refroidissant. Dans ce cas, après congélation, le liquide ne contient presque rien, et ne donne avec l'iode qu'une très légère coloration rose.

Il n'y a qu'à ajouter alors des électrolytes quelconques pour voir que la quantité de matière, qui après congélation reste en solution colloïdale, dépend étroitement de la nature et de la teneur des électrolytes présents.

Comme il fallait s'y attendre, l'addition de petites doses d'acides forts et de bases fait réapparaître dans le liquide la réaction bleue avec l'iode. A des doses plus grandes, qui sont d'ailleurs variables avec la teneur en fécule, et selon la température à laquelle le mélange a été exposé, rien ne sépare plus par la congélation.

Les électrolytes moins forts, et parmi eux les sels neutres aussi, agissent plus faiblement, mais dans le même sens.

Le fait de la coagulation de l'amidon par congélation avait été découvert par Vogler (1), nous l'avons retrouvé en répétant les expériences de MM. Maquenne et Roux sur la rétrogradation dans les empois, qui n'est en somme qu'une séparation analogue.

Les faits que nous apportons concernant la distribution des matières organiques et des électrolytes entre le coagulum et la solution colloïdale montrent que la congélation de ces liqueurs diluées est le procédé de choix pour purifier la matière amylacée (2); les manipulations, en effet, peuvent être ainsi menées comme lorsqu'on opère par cristallisation.

Ce procédé présente de plus un grand intérêt au point de vue théorique, car il permet de démontrer ce que l'un de nous avait déjà avancé (3), à savoir qu'on doit considérer la matière amylacée comme un corps insoluble, qui forme des solutions colloïdales en s'associant avec des électrolytes.

Tout se passe comme si la fécule se divisait pendant le chauffage grâce à la dissociation des électrolytes présents, voire même de l'eau; ensuite, lorsque la température baisse, l'ionisation diminue; ce sont alors les micelles qui gardent la charge électrique qui peuvent se maintenir dispersées dans le liquide d'une manière stable et réversible; les micelles qui sont revenues à l'état électriquement neutre devraient se déposer, mais elles y mettraient un temps d'autant plus long qu'elles sont plus petites, et que le liquide est plus visqueux; pendant la formation de la glace, ces micelles inertes étant comprimées et collées les unes aux autres formeraient des coagulums qui ne se diviseraient plus après fusion.

---

(1) Wagner, *Die Stärkefabrication*. Braunschweig, 1886.

(2) J'entends par *matière amylacée pure* la matière organique de composition $C^6H^{10}O^5$, que nous savons depuis les belles recherches de M. Maquenne se transformer intégralement en maltose.

(3) Malfitano, *Les matières amylacées étudiées à l'aide de nos connaissances sur l'état colloïdal* (*Comptes rendus*, 3 sept. 1906).

BOTANIQUE. — *Recherches sur l'influence spécifique réciproque du sujet et du greffon chez la Vigne.* Note de M. **L. Ravaz**, présentée par M. Prillieux.

La reconstitution du vignoble par le greffage met de plus en plus en évidence ce fait important : que les vignes greffées donnent les mêmes produits que les vignes non greffées. Les particularités indiquées, notamment par M. Daniel, comme étant la conséquence de la greffe, se retrouvent aussi fréquemment chez les vignes franches de pied. Elles sont le plus ordinairement sous la dépendance des pratiques culturales, et l'expérimentateur ou le vigneron peut les produire à volonté : telles les modifications dans l'allure de la végétation, dans la couleur et la nervation des feuilles, dans la structure anatomique, la couleur, la grosseur et la saveur du raisin et de ses grains; dans la composition chimique et la qualité du vin.

J'ai tenu cependant à m'assurer si, en plaçant greffon et sujet dans les meilleures conditions pour qu'ils puissent réagir l'un sur l'autre, on n'obtiendrait pas des modifications importantes et durables.

A cette fin, j'ai greffé :

1° Un cépage à saveur foxée (le Concord) sur un cépage à saveur neutre (Aramon), puis j'ai enlevé, dès leur apparition, les feuilles du sujet, ainsi que les grappes du greffon. Les raisins du sujet ont été ainsi exclusivement alimentés par les feuilles du greffon. L'expérience dure depuis 7 ans; et chaque année les fruits de l'Aramon sujet sont identiques à ceux de l'Aramon franc de pied dans la forme, la couleur et la saveur. *La saveur foxée du greffon n'est point passée dans le sujet.*

2° Des variétés à raisins blancs : *Melon*, *Chardonnay*, sur des variétés de gamay à raisins très colorés : *Teinturiers;* et comme dans l'expérience précédente, les raisins teinturiers sujets ont été exclusivement alimentés par les feuilles des variétés greffons à fruits blancs. Ici encore, chaque année, *bien que les feuilles des greffons ne produisent pas de matière colorante, les raisins sujets se sont colorés et ont pris les caractères des teinturiers.*

Il me paraît difficile de réaliser des conditions plus favorables à la manifestation de l'influence *spécifique* réciproque du sujet et du greffon ; et cependant les résultats que je viens d'indiquer ne la mettent point en évidence.

Ces expériences ont une autre portée. On admet encore généralement que la matière colorante et les parfums prennent naissance dans les feuilles d'où ils passent dans le fruit. Il n'en est rien : le fruit, quelle que soit la nature des feuilles qui le nourrissent, élabore lui-même la manière colorante et les parfums qu'il renferme.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le developpement d'une plante bulbeuse : variations des poids de l'azote et des matières minérales.* Note de M. G. **André**, présentée par M. Armand Gautier.

Dans une Note récente (*Comptes rendus*, t. 150, p. 545), j'ai montré quelles étaient les variations du poids de la matière sèche, tant de la partie souterraine que de la partie aérienne d'une plante bulbeuse (oignon commun) au cours de l'évolution de laquelle le bulbe augmentait de poids. Je donne dans la présente Note quelques indications complémentaires à ce sujet et je me propose de suivre les variations de poids des éléments minéraux en particulier, ainsi que celles de l'azote total. Voici le Tableau des expériences; j'y désigne par P. A. la partie aérienne de la plante, par P. S. la partie souterraine.

Dans 100 oignons ou dans 100 plantes séchés à 110°.		Matière sèche moins les cendres.	Cendres totales.	Azote total.	PO^4H^3.	CaO.	MgO.	K^2O.
Etat initial. 13 avril, 100 oignons..		136g,9812	10g,1048	3g,8230	2g,4995	0g,9705	0g,2940	4g,1615
1re prise, 27 mai.	P. A.	271,7690	40,7310	11,6100	5,1110	6,8145	1,1670	15,0490
	P. S.	110,0710	17,4290	2,3075	2,0525	2,5370	0,4335	4,4750
2e prise, 24 juin.	P. A.	777,2023	83,6777	22,8317	12,8221	14,1201	2,4085	28,4910
	P. S.	441,2711	33,4689	8,4473	7,5928	5,8400	0,8535	11,1072
3e prise, 26 juil. (floraison).	P. A.	965,5956	98,8944	25,3292	16,8125	14,7983	2,7784	31,9305
	P. S.	529,8040	46,4460	12,0717	10,0778	6,7429	1,1409	15,3264
4e prise, 3 septem. (fructification).	P. A.	885,9678	108,8022	26,3547	17,9147	17,1496	2,4883	35,1386
	P. S.	473,2688	44,1912	12,8008	10,0887	6,7644	1,1896	14,9023

I. On voit qu'à la première prise d'échantillon (27 mai 1909), il y a diminution du poids absolu de la matière sèche des organes souterrains (voir le Tableau de ma Note précédente), comme si une certaine quantité des réserves organiques de l'oignon s'était dirigée vers la partie aérienne de la plante ou avait disparu partiellement par combustion respiratoire. Le poids de la matière organique seule des oignons primitifs (136g,9812) s'est abaissé à 110g,0710, soit une diminution de 19,65 pour 100, alors que la matière minérale, au contraire, passe de 10g,1048 dans les oignons initiaux à 17g,429. Mais cette dernière augmentation ne porte que sur la chaux, la magnésie, la silice et très peu sur la potasse : l'acide phosphorique et l'azote ayant diminué dans des proportions sensibles, l'azote de 39,6 pour 100 du taux initial, l'acide phosphorique de 17,9.

Cette première période est une *période germinative*, car les organes aériens bénéficient d'une certaine quantité des éléments organiques et minéraux que renfermaient les organes souterrains. Si, pendant cette première période, la portion aérienne de la plante s'est accrue partiellement aux dépens de la portion souterraine, elle a néanmoins emprunté la majeure partie de ses éléments organiques et minéraux à l'atmosphère et au sol. En effet, la matière sèche de cette portion aérienne, cendres déduites, a doublé de poids (136^g,9812 chez les oignons initiaux, 271^g,7690 chez la partie aérienne au 27 mai). Dans cette augmentation de poids, on ne peut estimer exactement la quantité de matière que les organes aériens ont empruntée aux organes souterrains dont le poids a diminué, comme je l'ai dit plus haut, de 19,65 pour 100, car la respiration a fait disparaître, dans une mesure impossible à définir, une partie de la matière organique.

Quelle est la part qui revient à l'azote dans l'accroissement du poids de la partie aérienne? Sur les 11^g,6100 d'azote qu'elle contient, un poids de 1^g,5155 provient de la partie souterraine (3^g,8230 — 2^g,3075), soit donc 13 pour 100 seulement; le reste lui a été fourni par le sol. L'acide phosphorique cédé par les organes souterrains à la partie aérienne s'élève à 2^g,4995 — 2^g,0525 = 0^g,4470. Cette partie aérienne, contenant 5^g,1110 d'acide phosphorique, n'a donc soustrait à la partie souterraine que 8,7 pour 100 de son acide phosphorique, le reste vient du sol.

II. Au delà de cette première période, la plante fonctionne comme une plante ordinaire. L'augmentation du poids porte sur tous les éléments à la fois et le système aérien envoie aux bulbes des quantités croissantes, tant de matières minérales que de matières organiques. Il existe dans la partie souterraine un rapport sensiblement constant entre l'emmagasinement de l'azote et celui de l'acide phosphorique d'une part, de la chaux et de la magnésie d'autre part.

Si, en effet, on divise d'un côté le poids d'azote contenu dans 100 bulbes par 28, poids moléculaire de l'azote et de l'autre le poids d'acide phosphorique contenu dans 100 bulbes par 98, poids moléculaire de cet acide, et si l'on prend ensuite le rapport des deux nombres ainsi obtenus, on trouve successivement, aux quatre périodes d'observation, les chiffres suivants : 4,1; 3,9; 4,2; 4,4. Ces chiffres, peu éloignés les uns des autres, montrent, une fois de plus, la corrélation intime qui existe entre l'azote et le phosphore dans la genèse des éléments nucléiques et des phosphatides.

Qu'on divise maintenant le poids de la chaux contenu dans 100 bulbes par 56, poids moléculaire de la chaux, et le poids de magnésie contenu de même dans 100 bulbes

par 40, poids moléculaire de la magnésie, et qu'on prenne le rapport des deux nombres ainsi obtenus, on trouve, aux quatre périodes d'observation, les chiffres suivants : 4,1 ; 4,9; 4,2; 4,1. Or, les proportions respectives de chaux et de magnésie contenues dans le sol ont, vis-à-vis de la végétation, une influence notable, d'après les travaux de Lœw et de ses élèves. On peut donc s'attendre à rencontrer chez la plante une relation du même ordre, au moins dans certains cas.

III. On voit donc, en résumé, dans le cas particulier de migration que j'ai étudié, le bulbe initial concourir faiblement à la nutrition minérale et organique de la partie aérienne de la plante. A l'époque du premier prélèvement (27 mai), l'azote et l'acide phosphorique ont partiellement émigré du bulbe vers la partie aérienne. Il est certain que si ce premier prélèvement avait été effectué à une date plus rapprochée de celle de la plantation, on aurait vraisemblablement constaté des pertes d'azote et d'acide phosphorique plus grandes du côté des bulbes. Le 27 mai, ces pertes étaient déjà compensées en partie par un gain de matière venant du sol. Au delà de cette première période, on assiste à un accroissement régulier de tous les éléments salins, tant dans les organes aériens que dans les organes souterrains de la plante. Ces derniers reçoivent directement du sol les matières minérales, mais celles-ci montent en grande partie d'abord dans les organes aériens où elles subissent une élaboration, puis redescendent dans le bulbe.

Cependant, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer, ce mouvement de migration de haut en bas cesse à peu près complètement pour tous les éléments fixes, ainsi que pour l'azote, sitôt après la floraison. A ce moment de l'évolution du végétal, le mouvement principal de migration emporte vers les graines les éléments minéraux et organiques maintenus en réserve dans la tige : aussi la nutrition du bulbe s'arrête-t-elle complètement. Dans le cas actuel, cette augmentation continue de la matière minérale dans les bulbes d'oignon différencie la végétation de cette plante de celle de la carotte porte-graine chez laquelle M. N.-T. Déléano (1) a observé le fait curieux suivant : les sels minéraux venant du sol traversent la racine sans en changer la concentration saline ; cette racine, dans la deuxième période de la végétation, ne semble servir que de régulateur.

Je me réserve de revenir sur la question de la nutrition des bulbes et d'examiner, entre autres choses, la transformation des matières ternaires au cours de leur évolution.

---

(1) *Université de Genève ; Institut botanique*, 8e série, fasc. II, 1908.

CHIMIE AGRICOLE. — *Dosage de la potasse assimilable dans les sols.* Note [1] de M. **Biéler-Chatelan**, présentée par M. Chauveau.

Comme de multiples expériences culturales l'ont prouvé, les acides minéraux, plus ou moins concentrés, employés couramment dans l'analyse des terres, dissolvent des quantités de principes fertilisants hors de proportion avec les besoins réels des plantes. Ce procédé d'attaque n'est donc guère susceptible de mesurer ce qui est assimilable. L'emploi d'acides très dilués (azotique ou citrique) donne certainement de meilleures indications, néanmoins pas toujours conformes aux résultats de l'expérience agricole.

Étant donné que les racines puisent, sinon la totalité, du moins la plus grande partie de leur nourriture minérale dans les dissolutions très étendues qui imprègnent le sol, comme M. Schlœsing fils l'a fort bien montré pour des plantes de maïs, il serait plus rationnel de considérer comme assimilables, avant tout, les principes solubles dans l'eau et d'employer celle-ci comme dissolvant. Nous avons voulu nous rendre compte jusqu'à quel point ce mode d'extraction, déjà employé en 1852 par Verdeil et Risler et préconisé depuis successivement par M. Schlœsing fils et par M. A. Mitscherlich (Königsberg), est capable de renseigner pratiquement sur les besoins du sol en tels ou tels principes fertilisants. A cet effet nous avons analysé les terres d'un certain nombre de prairies naturelles, où la Station agronomique fédérale de Lausanne (Suisse) avait expérimenté l'action des engrais phosphatés et potassiques.

D'une part, nous y avons dosé la potasse soluble dans l'acide chlorhydrique concentré froid après 48 heures de contact (procédé Petermann); d'autre part, la potasse soluble dans l'eau saturée de gaz carbonique aux température et pression ordinaires, soit par agitation, soit par déplacement; puis nous avons comparé les résultats de l'analyse avec les chiffres exprimant l'influence de l'engrais potassique sur les rendements en fourrage sec à l'hectare.

1° *Procédé par agitation.* — Un poids de terre fine correspondant à 30^g de terre sèche était soumis à l'agitation continue dans 500^{cm^3} d'eau carbonique pendant 10 heures consécutives. Du liquide filtré, on prélevait $400^{cm^3} = 24^g$ de terre qu'on évaporait à sec dans une capsule de platine (la

(1) Présentée dans la séance du 7 mars 1910.

porcelaine ou le verre, cédant à l'eau des alcalis, doivent être proscrits). Après calcination modérée, extraction par l'acide chlorhydrique, transformation des sulfates en chlorures et insolubilisation de la silice, le résidu sec pouvait servir immédiatement au dosage de la potasse sous forme de noir de platine (en réduisant le choroplatinate par l'acide formique).

2° *Procédé par déplacement ou lessivage continu.* — Plus conforme à ce qui se passe en réalité dans le sol en place après de fortes pluies. Un poids de terre fine correspondant à 100^g de terre sèche était tassé dans une allonge maintenue verticale et bouchée au bas par un tampon de ouate bien pressée faisant l'office de filtre. La terre était maintenue en place par un autre tampon de ouate placé dessus, puis on y versait l'eau carbonique par petites portions jusqu'à ce qu'on obtînt, dans le flacon placé sous l'allonge, un volume de solution claire égal à 1200$^{cm^3}$ (volume proportionnel à la quantité d'eau tombée à Lausanne pendant la période de végétation annuelle). Pour le dosage de la potasse, on prélevait 300$^{cm^3}$ = 25^g de terre, qu'on évaporait et traitait comme ci-dessus.

Voici maintenant les résultats de l'analyse, comparés à l'influence produite par l'engrais potassique sur les rendements :

I. — Localités.	II. — Nature du sol.	III. — Influence de la potasse sur les rendements.	IV. — Potasse soluble dans l'acide chlorhydrique.	V. — Potasse soluble eau carb., déplacement.	VI. — Potasse soluble eau carb., agitation (2).
		pour 100	pour 1000	pour 1000	
Bière..........	Argilo-siliceux humifère	+34	0,36	0,090	0,06
Palézieux......	Argileux	+31	0,72	0,104	0,09
Val-d'Illiez.....	Argileux	+25	0,72	0,110	0,08
Ollon..........	Argilo-calcaire humifère	+23	»	0,112	»
Savigny........	Silico-argileux	+20	0,73	0,112	0,08
Baulmes.......	Argilo-siliceux	+18	1,14	0,153	0,09
Collombey (1)..	Limoneux silico-calcaire	+11	0,73	0,170	0,06
Novalles.......	Argilo-siliceux	+ 3	1,14	0,216	0,15
Rarogne.......	Limoneux humifère	— 2	2,3	0,309	0,23
Allaman.......	Argilo-calcaire	— 3	»	0,216	»
Longeville.....	Argilo-siliceux	— 3,6	1,08	0,290	0,24
Serix..........	Argilo-siliceux	— 6	2,1	0,400	0,29

(1) Sol riche en micas potassiques (15 à 20 pour 100).

(2) Les chiffres de la série VI, plus faibles que ceux de la série V, s'expliquent par le fait que la terre, agitée dans l'eau carbonique, forme en premier lieu du bicarbo-

Comme on pouvait s'y attendre, il n'y a guère de proportionnalité entre les doses de potasse soluble HCl et les chiffres qui expriment l'effet de la fumure potassique. Ainsi la terre de Baulmes, où l'engrais potassique a manifestement agi, se trouve être plus riche en potasse soluble HCl (1,14 pour 1000) que la terre de Longeville où son effet est négatif (1,08 pour 1000). En revanche les doses de potasse soluble dans l'eau carbonique forment des séries croissantes, V et VI, sensiblement inverses de la série décroissante III. Autrement dit, plus la dose de potasse soluble dans l'eau augmente, moins l'effet de l'engrais potassique est sensible.

Au point de vue de l'exécution, c'est le procédé par agitation qui est le plus expéditif. Sans être aussi précis que l'autre, il indiquerait néammoins déjà suffisamment si une terre a besoin ou non d'engrais potassique. Le procédé par déplacement, plus lent, est en revanche plus précis et surtout il imite mieux celui de la nature.

De ces recherches, quant aux sols de prairies naturelles, il semble légitime de tirer les conclusions suivantes :

1° Mieux que les procédés d'attaque par les acides, concentrés ou dilués, en moins de temps et avec moins de peine, l'extraction des terres par l'eau carbonique donnerait une mesure de la potasse assimilable du sol sensiblement conforme aux données de l'expérience culturale ([1]).

2° Sauf cas exceptionnels ([2]), dans les terres de prairies naturelles qui dosent moins de 0,15 pour 1000 K^2O sol. eau carbonique par agitation ou moins de 0,20 pour 1000 par déplacement, on peut s'attendre à un effet sensible de l'engrais potassique répandu en plus de l'engrais phosphaté nécessaire. Dans les terres plus riches, les fumures potassiques produiraient peu d'effet, du moins tant qu'on n'épuise pas la réserve de potasse assimilable par des fumures incomplètes.

3° Les terres plus ou moins calcaires livrent proportionnellement un peu moins de potasse à l'eau carbonique que les sols non calcaires.

4° Contrairement à une opinion courante, ce ne sont pas toujours les

nate de chaux qui établit bientôt l'équilibre de saturation et contrarie ainsi la dissolution de la potasse. Il est bien entendu qu'il faut opérer une série d'extractions successives pour épuiser le stock de potasse soluble. Nous nous bornons à une seule pour des raisons pratiques.

([1]) Nous avons également obtenu ainsi des dosages d'acide phosphorique en harmonie avec l'effet des engrais phosphatés.

([2]) Terres riches en micas potassiques; terres fortement calcaires, sols placés dans des conditions anormales d'aération et de drainage.

terres argileuses qui sont le mieux pourvues de potasse. Certaines terres légères se montrent parfois plus riches. Ainsi les terres fortes de Palézieux, Val-d'Illiez, Savigny et Baulmes se montrent reconnaissantes de la fumure potassique qui, sur la terre légère de Rarogne, n'a produit aucun effet.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Étude expérimentale des combustions intraorganiques chez les animaux respirant de l'air progressivement appauvri en oxygène et des procédés de défense naturels de l'organisme contre l'anoxyhémie.* Note de M. **J. Tissot**, présentée par M. A. Chauveau.

J'ai indiqué, dans des Notes antérieures, les résultats que j'ai obtenus en étudiant les effets de la diminution de tension de l'oxygène de l'air sur l'organisme animal, à la pression barométrique normale. J'avais effectué mes expériences en faisant respirer à des animaux des mélanges d'oxygène et d'azote comprimés à 150^{kg} et contenant 8 à 20,9 pour 100 d'oxygène. N'ayant pu me procurer ces mélanges avec une proportion d'oxygène convenable et inférieure à 8 pour 100, j'ai continué mes expériences en faisant respirer trois fois de suite, à mes animaux, un mélange gazeux contenant au début 7,9 pour 100 d'oxygène. Ce mélange en pénétrant pour la deuxième fois dans le poumon ne contenait plus que 5,5 pour 100 environ d'oxygène, et la troisième fois 4 pour 100. L'acide carbonique exhalé qui s'accumule dans le mélange n'apporte aucun trouble aux expériences, car les résultats numériques qui suivent montrent que le sang artériel contient moins d'acide carbonique qu'à l'état normal, grâce à l'effet habituel d'un accroissement notable de la ventilation pulmonaire.

Dispositif expérimental. — Le mélange gazeux à expérimenter et que l'animal inspire est enfermé dans un gazomètre à compensation automatique d'une extrême sensibilité.

L'animal refoule ce mélange, à l'expiration, dans un deuxième gazomètre de même capacité et également sensible. La pression de l'air soit à l'inspiration, soit à l'expiration conserve la valeur qu'elle possède dans les conditions de la respiration normale. Le passage des gaz du premier spiromètre dans le poumon et du poumon dans le deuxième spiromètre s'effectue par l'intermédiaire d'un système de soupapes inspiratrice et expiratrice adapté à un masque étanche qui se fixe sur le museau de l'animal et ne modifie pas les conditions normales de la respiration. La valeur des combustions intraorganiques a été appréciée par une double analyse de l'air inspiré et de l'air expiré avec mesure du débit respiratoire. Il a été fait chaque fois, au même instant, un prélèvement pour une analyse des gaz du sang veineux et du sang artériel. Voici,

comme exemple, les résultats obtenus dans une expérience effectuée sur un chien de 23kg :

Mesure de la valeur des combustions respiratoires.

Composition du mélange inhalé (pour 100).	Pression barométrique (1).	Altitude (1).	Débit respiratoire.	Oxygène consommé par minute.	Acide carbonique exhalé par minute.
	mm	m	l	cm³	cm³
Air ordinaire	760	0	4,08	129,4	103,9
Oxygène 7,9; azote 92,1	291	7680	8,48	158	174
Oxygène 5,59; azote 91,68; acide carbonique 2,73	204	10521	11,77	162	130
Oxygène 4,11; azote 91,75; acide carbonique 4,14	149	13034	15,95	121	117

Gaz contenus dans 100cm³ de sang artériel et de sang veineux.

	Air ordinaire		Mélange à 7,9 pour 100 d'oxygène.		Mélange à 5,59 pour 100 d'oxygène.		Mélange à 4,11 pour 100 d'oxygène.	
	Sang artériel.	Sang veineux.	Sang artériel.	Sang veineux.	Sang artériel.	Sang veineux.	Sang artériel.	Sang veineux.
Volume total de gaz	76,08	75,25	58,76	59,55	56,58	55,21	54,11	54,65
Acide carbonique	52,11	56,56	45,22	50,83	45,94	48,62	44,60	48,90
Oxygène	21,81	16,52	11,85	7,11	8,65	4,58	7,72	3,95
Azote	2,16	2,17	1,69	1,61	1,99	2,01	1,79	1,80

Ces résultats permettent de tirer les conclusions suivantes :

1° Lorsque la proportion d'oxygène de l'air inspiré décroît jusqu'à 4 pour 100, la ventilation pulmonaire tend à compenser cette diminution par un accroissement à peu près proportionnel du débit respiratoire. La proportion d'oxygène contenu dans l'air inspiré étant 5 fois moindre (4 pour 100 au lieu de 20,9 pour 100) le débit respiratoire devient à peu près 5 fois plus considérable (17l,5 par minute au lieu de 3l,6, débit normal pour une moyenne de deux expériences).

2° Lorsque la proportion d'oxygène de l'air inspiré décroît jusqu'à 5,5 pour 100 la quantité totale d'oxygène consommée par l'organisme s'accroît progressivement par suite d'une augmentation du travail physiologique et notamment d'une augmentation du travail des muscles respiratoires. Dès que la proportion d'oxygène décroît au delà de 5,5 pour 100, la consomma-

(1) Altitude et pression barométrique pour lesquelles la tension de l'oxygène de l'air atmosphérique est la même que dans les mélanges gazeux inhalés.

tion d'oxygène cesse de croître, puis s'abaisse rapidement, les moyens de défense naturels contre l'anoxyhémie devenant impuissants à combattre l'insuffisance de l'apport d'oxygène aux tissus.

3° Le besoin supplémentaire d'oxygène, créé par l'augmentation du travail physiologique, paraît être à peu près satisfait tant que la proportion d'oxygène de l'air inspiré ne s'abaisse pas au-dessous de 8 pour 100 à 9 pour 100 environ, c'est-à-dire tant que la tension de ce gaz ne s'abaisse pas au-dessous de celle qu'il possède à l'altitude de 7000^m ou 7500^m. Si elle s'abaisse au-dessous de cette valeur, l'accroissement du travail des muscles respiratoires n'est plus accompagné d'un accroissement suffisant de la quantité totale d'oxygène consommée. Donc, dès ce moment l'organisme est en déficit d'oxygène. Ce déficit s'accroît progressivement; sa progression est très rapide dès que la proportion d'oxygène de l'air inspiré tombe au-dessous de 5,5 pour 100 à 6 pour 100.

4° La comparaison des proportions des gaz contenues dans le sang veineux et le sang artériel montre que le système circulatoire intervient pour compenser les effets de la diminution de la proportion d'oxygène dans le sang artériel. L'écart entre les proportions d'oxygène du sang artériel et du sang veineux qui est de $5^{cm^3},6$ pour 100^{cm^3} de sang, par exemple, à l'état normal, diminue jusqu'à $3^{cm^3},8$ à mesure que la proportion d'oxygène de l'air inspiré décroît jusqu'à 4 pour 100. L'accroissement de la consommation totale d'oxygène de l'organisme, à mesure que la proportion d'oxygène de l'air diminue, démontre qu'il se produit une accélération corrélative de la circulation du sang résultant très probablement et au moins en partie, d'une augmentation du travail du cœur. Il y a donc là un deuxième moyen de défense de l'organisme contre l'anoxyhémie, entraînant une augmentation du travail physiologique et de la consommation d'oxygène.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Influence des glandes génitales sur la glycogénie.* Note de M. F. **Maignon**, présentée par M. A. Chauveau.

Dans des recherches antérieures, effectuées sur le chien, nous avons montré que le glycogène musculaire subit des variations quantitatives importantes aux différentes époques de l'année. Les courbes de cinq années consécutives, donnant les variations mensuelles du glycogène dans les muscles biceps fémoraux du chien, ont toutes la même allure générale : elles

présentent un premier maximum au printemps (mars), un second moins important à l'automne (novembre) et un minimum au moment des fortes chaleurs (juillet, août).

Des recherches semblables effectuées en 1908 et 1909 sur des cobayes, des pigeons et des carpes, nous ont donné des résultats analogues; chez tous ces animaux, il se produit une poussée glycogénique importante au printemps.

Dans ces dernières expériences, nous avons établi des courbes de variations distinctes pour les mâles et les femelles, et constaté *que, chez le cobaye et la carpe, les muscles des mâles sont constamment plus riches en glycogène que les muscles des femelles*. L'écart existant s'accentue au moment des poussées glycogéniques du printemps et de l'automne, les mâles paraissent donc plus fortement influencés par les saisons que les femelles.

Dans des recherches plus récentes, nous nous sommes proposé d'étudier le mécanisme de ces influences saisonnières. Il ne saurait être question de *température*, car des cobayes maintenus en hiver dans une couveuse à 25° ou 30°, pendant trois semaines, renfermaient dans leurs muscles autant de glycogène, si ce n'est plus, que les animaux témoins.

Nous avons vu précédemment que, chez le cobaye et la carpe, le sexe influençait la glycogénie; nous savons d'autre part que l'activité des glandes génitales est très variable aux diverses époques de l'année, et il est à remarquer que c'est précisément au printemps, au moment de la suractivité de ces glandes, que l'on observe la poussée glycogénique la plus importante, au point que nous nous sommes demandé si l'influence des saisons sur la glycogénie ne s'exercerait pas par l'intermédiaire des testicules et des ovaires.

Ainsi, nous avons été amené à étudier de plus près l'influence des glandes génitales sur cette fonction.

Dans ces expériences, qui ont porté sur le cobaye, nous avons eu recours à la castration et aux injections de suc testiculaire.

a. Effets de la castration. — Nous donnons ci-après les moyennes de plusieurs expériences :

		Glycogène contenu dans 20g de muscle.
		mg
I.	Cobayes mâles non castrés	165
	Cobayes mâles castrés	142
	Cobayes femelles castrées	142
II.	Cobayes femelles non castrées	132
	Cobayes femelles castrées	130

Il résulte de ces expériences *que la castration opérée sur des cobayes mâles*

a pour effet d'abaisser, d'une manière très sensible, la teneur des muscles en glycogène, et de niveler ainsi l'écart existant entre les deux sexes. Chez les femelles, le glycogène musculaire ne semble pas sensiblement influencé par cette opération.

b. Effets des injections de suc testiculaire. — Ayant constaté les effets de la castration sur la glycogénie, nous nous sommes demandé quels seraient ceux de l'opération inverse : l'injection de suc testiculaire.

Préparation du suc testiculaire. — Les deux testicules d'un cobaye, prélevés dans des conditions aussi aseptiques que possible, sont découpés en menus fragments dans 10^{cm^3} de glycérine neutre stérilisée. Après 24 heures de contact on décante et l'on étend d'un volume égal d'eau distillée stérilisée.

Injection. — Nous avons injecté, sous la peau de la face interne de chaque cuisse, 1^{cm^3} du mélange précédent. Ces injections étaient faites deux jours consécutifs vers 8^h du matin et l'animal sacrifié pour le dosage, le deuxième jour vers 2^h.

Nous donnons, dans le Tableau suivant, les moyennes des diverses expériences, portant chacune sur plusieurs animaux :

	Glycogène contenu dans 20^g de muscle.			
	III.	IV.	V.	VI.
Cobayes mâles injectés	236^{mg}	214^{mg}	208^{mg}	196^{mg}
Cobayes mâles témoins	207^{mg}	128^{mg}	187^{mg}	165^{mg}
	VII.	VIII.		
Cobayes femelles injectées	159^{mg}	124^{mg}		
Cobayes femelles témoins.....	161^{mg}	132^{mg}		

Il résulte de ces expériences que *les injections de suc testiculaire déterminent chez les cobayes mâles une augmentation notable du glycogène musculaire, tandis que les femelles ne sont pas influencées.*

La poussée glycogénique consécutive aux injections est immédiate, elle se fait sentir dès le lendemain, mais elle n'est pas persistante ; chez des cobayes tués 6 jours après la dernière injection, le glycogène musculaire était déjà revenu à son taux normal, il n'existait plus de différence avec les témoins.

Ces mêmes injections effectuées sur des cobayes mâles castrés, ne produisent aucune modification du glycogène musculaire ; la poussée obtenue chez les non castrés est donc le résultat d'une stimulation de l'activité testiculaire produite par l'injection.

Il résulte de toutes ces expériences que les glandes génitales influencent manifestement la glycogénie.

Il faut nous demander maintenant, si les saisons n'influencent pas d'une manière directe, la nutrition des tissus, en dehors de l'action qui s'exerce par l'intermédiaire des glandes génitales. Dans ce but, nous avons recherché si, chez les cobayes castrés, la glycogénie est soumise à des variations saisonnières.

Le Tableau suivant nous donne les résultats de cette expérience :

	Glycogène contenu dans 20g de muscle.	
	Mâles non castrés.	Mâles castrés.
	mg	mg
Mars	159	123
Avril	154	121
Mai	189	173
Juin	166	131
Septembre	165	142

Nous voyons d'après ces résultats que les cobayes mâles castrés subissent encore une poussée glycogénique importante au mois de mai.

Les saisons exercent donc sur la glycogénie une double influence : une influence indirecte, par l'intermédiaire des glandes génitales, et une influence directe sur la nutrition des tissus. Le mécanisme de cette dernière, encore à déterminer, est probablement en rapport avec des phénomènes cosmiques sur la nature desquels il serait intéressant d'être fixé.

PHYSIOLOGIE. — *Contribution à l'étude de l'audition et de son développement par les vibrations de la sirène à voyelles.* Note de M. **Ranjard**, présentée par M. Yves Delage.

L'emploi de la sirène à voyelles, inventée par M. Marage, ne constitue pas seulement la méthode la plus rapide et la plus sûre pour développer l'audition et mesurer l'acuité auditive, mais encore il permet, par l'analyse même de ses résultats, de déterminer expérimentalement un certain nombre de points de la physiologie du sens de l'ouïe.

Ma statistique personnelle, confirmant celle de M. Marage, donne une proportion moyenne de 75 succès sur 100 malades traités. Si nous éliminons *a priori* les 25 pour 100 d'échecs, c'est-à-dire les cas où le développement de l'audition est insuffisant pour être constaté pratiquement, nous pourrons diviser les résultats positifs obtenus de la façon suivante :

1° Un certain nombre des sourds traités avec succès (60 pour 100) acquièrent une

audition normale bilatérale (38 pour 100) ou unilatérale (22 pour 100), c'est-à-dire une audition sinon très fine, du moins leur permettant de suivre sans effort une conversation générale, une conférence, une pièce théâtrale, un concert. Quand leur infirmité date de quelques années et n'a pas été très prononcée, il est impossible, une fois le résultat acquis, de deviner qu'ils ont été sourds. Mais lorsqu'il s'agit d'hypoacousie très prononcée et ayant duré 10, 20 ans au plus, les individus traités, bien que n'étant plus sourds, gardent l'habitude de l'être. Cette habitude se traduit par des troubles de l'attention sous ses deux formes : il y a hypertrophie de l'attention spontanée mise en éveil constamment par les sons que le malade n'entendait plus et dont il ne sait plus évaluer et proportionner l'intensité et l'importance; c'est une sorte *d'éblouissement auditif* parfois gênant au début.

Il y a aussi atrophie de l'attention volontaire, le sourd ayant pris l'habitude de faire abstraction des sons qu'il entend mal.

Ces troubles disparaissent peu à peu.

2° Certains sourds arrivent à entendre bien la parole sans entendre beaucoup mieux qu'avant la musique et les bruits : pratiquement le résultat est très satisfaisant;

3° J'ai observé dans deux cas une amélioration de l'audition pour les voyelles seulement, les consonnes ne pouvant être distinguées;

4° 33 pour 100 de mes malades ont tiré un bénéfice pratique des exercices acoustiques sans arriver à la normale, certains ne conservant qu'une très légère dureté d'ouïe;

5° J'ai observé 4 sourds qui sont parvenus à entendre bien la voix, la musique et les bruits en tant que sons, sans comprendre le sens de la parole. Ces faits déjà décrits par M. Marage [1] sont le résultat d'une lésion du centre de la compréhension des mots. Cette surdité peut être uni- ou bilatérale, reliquat méningitique ou témoin d'une dégénérescence nerveuse à point de départ otique.

6° Enfin dans un cas de surdimutité congénitale, je n'ai pu développer que l'audition pour les bruits, à l'exclusion des deux autres.

Conclusions. — I. Considéré dans son ensemble, le sens de l'ouïe est un phénomène physio-psychologique qu'on peut diviser en plusieurs étapes ou phases :

1° Le son est recueilli par le pavillon et le conduit auditif externe (*appareil collecteur*).

2° La vibration sonore est transmise par le tympan, les osselets, la fenêtre ovale, les milieux labyrinthiques, la membrane de Corti (*appareil de transmission mécanique*) jusqu'aux

3° Cellules de Corti qui *l'enregistrent* en tant que modifications de pression, et dont

4° L'impression est transmise par le nerf auditif (*transmission nerveuse*) aux

5° Centres de *sensation* du son. Ces centres sont multiples et il en existe

---

(1) *Comptes rendus*, 22 février 1904, 6 et 13 novembre 1905.

probablement un pour chaque genre de son (voix, musique, bruit). Ce fait n'a pu être révélé par l'anatomie normale ou pathologique, mais semble prouvé par les observateurs précédents, qui confirment celles de M. Marage (1).

6° Ces centres sont en connexion avec d'autres plus élevés qui président à la compréhension de l'impression sonore reçue (*perception auditive*). Leur fonction est condition et dépendance de phénomènes psychologiques purs : attention, mémoire, etc.

II. Les vibrations de la sirène à voyelles ont une action accessoire sur l'appareil de transmission mécanique (massage vibratoire). Elles ont une action prépondérante sur la fonction des centres de la sensation auditive, qu'elles développent en totalité ou en partie, cette action étant prédominante sur l'audition correspondante (parole), ou sur l'audition la plus respectée en cas de lésions centrales. Il est impossible de déterminer quant à présent si cette action est le résultat de l'hypertrophie des cellules nerveuses soumises à un travail exagéré et répété, ou à l'accroissement numérique de ces éléments.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la radioactivité persistante de l'organisme résultant de l'injection intraveineuse d'un sel de radium insoluble et sur ses applications.* Note (2) de MM. **H. Dominici**, **G. Petit** et **A. Jaboin**, transmise par M. Bouchard.

Il résulte d'une Note du 18 mai 1908 (3), que le sulfate de radium, introduit dans l'organisme des animaux ou de l'homme, se fixe dans les tissus et y séjourne très longtemps, jusqu'à 1 an et demi et plus, d'après les constatations récentes (4) qui sont venues élargir les premières conclusions.

MM. Jaboin et Beaudoin ont, d'autre part, étudié le mode d'élimination du bromure de radium soluble, administré par la voie digestive (5), qui met 4 ou 5 jours à disparaître.

(1) *Comptes rendus*, 12 octobre 1908.

(2) Transmise dans la séance du 7 mars 1910.

(3) Dominici et Faure-Beaulieu, *Comptes rendus*, 18 mai 1908.

(4) Dominici et Faure-Beaulieu, *Société de Biologie*, séance du 8 janvier 1910.

(5) Jaboin et Beaudoin, *Société de Pharmacie de Paris*, séance du 29 juillet 1908; *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 1er janvier 1909.

Pour conférer à l'organisme une radioactivité durable, il convient de recourir de préférence, comme l'ont fait expérimentalement, chez le lapin, Dominici et Faure-Beaulieu, à un sel de radium insoluble, et d'utiliser la voie intraveineuse.

Nous nous sommes livrés à des expériences sur le cheval. Le 12 juillet 1909, nous avons injecté dans la veine jugulaire droite d'un cheval âgé, en bon état, *un milligramme (mille microgrammes) de sulfate de radium insoluble préparé* par Jaboin en application du procédé de Dominici et Faure-Beaulieu, et dilué dans environ 250^{cm^3} de sérum physiologique.

Cette injection, dans le sang, d'une dose relativement forte de radium a été supportée sans inconvénient par le cheval, qui n'a manifesté aucun malaise pendant et après l'expérience, ce qui est conforme à ce qu'on savait de *l'innocuité des injections intra-veineuses* des sels de radium insolubles, même à des doses relativement importantes. Bien plus, le radium semble avoir exercé une influence favorable sur la nutrition et l'état général de ce cheval, dont le poids s'est élevé du chiffre primitif de 380^{kg} à 410^{kg}.

Les analyses successives de l'urine, recueillie avec un urinal spécial, ne nous ont montré que des variations insignifiantes de la teneur en urée qui, de $18^{g},07$ par litre au préalable s'est élevée à $20^{g},4$ le 13 juillet, pour se maintenir à un chiffre voisin les jours suivants.

Mais le problème le plus intéressant était celui concernant la *radioactivité des excreta*, qui a été mesurée au moyen du quartz piézo-électrique de Curie.

L'émanation contenue dans l'urine, mesurée un jour après les prises, a donné respectivement les résultats suivants :

Date des prises...	13 juill.	15 juill.	31 juill.	26 août	2 sept.	3 oct.	1er déc.
Milligr. minutes.	2,8	2,1	1,8	1,6	0,9	0,5	0

Ces chiffres démontrent bien la présence d'émanation dans l'organisme, mais il fallait connaître la quantité de radium qui a pu s'éliminer.

Le premier litre de l'urine du 15 juillet a été scellé, puis ouvert le 25 janvier 1910; l'émanation produite était si considérable qu'il a été impossible de la mesurer; le 29 janvier nous avons recueilli l'émanation produite en un quart d'heure par ce litre d'urine, elle correspondait à un poids de $15^{\mu g},15$ de radium éliminé. L'émanation contenue dans l'urine du 2 septembre, scellée le 11 novembre, a été mesurée le 26 janvier; nous avons trouvé environ $0^{\mu g},033$ par litre, soit par jour $\frac{1}{3}$ de microgramme de radium éliminé. Le 1er décembre, de l'urine avait été encore recueillie; la recherche du radium a été négative, même après 15 jours de présence dans un vase clos.

Sang. — Le lendemain de l'injection, le 13 juillet, il a été prélevé 1 litre et demi de sang. Le sérum a été enfermé en vase clos; au bout de 7 jours, le 20 juillet, il a été reconnu actif.

Voici quelques mesures d'émanation du sang prélevé à des dates diverses :

Dates des prises de sang.	Temps écoulé de la prise à la mesure.	Milligrammes-minutes par litre.
30 juillet	3 jours	0,05
2 septembre	4	0,10
1er octobre	2	0,06

Des difficultés de transport et de manipulation ont pu faire disparaître une partie de l'émanation, de sorte que ces chiffres ne peuvent être donnés que comme démonstration de la radioactivité du sang. Mais il importait surtout de voir si le sang conservait encore sa radioactivité plusieurs mois après et, en ce cas, d'y déceler la présence du radium.

Le 29 novembre, 1 demi-litre de sang a été prélevé; la mesure de l'émanation a donné 24 heures après la saignée, au quartz de Curie, 50g en 15 secondes, soit 0,332 mg : minute par litre, correspondant à 0µg,28 par litre. Ce même sang, après avoir été enfermé en vase clos, a été mesuré le 27 décembre : il a donné 50g en 16 secondes, chiffre du même ordre de grandeur que le précédent. Le 14 janvier 1910, une nouvelle prise d'un litre de sang n'a pas fait constater de radioactivité au premier examen, mais, 7 jours après, la mesure de l'émanation a donné 50g en 22 secondes, correspondant à 0µg,17 de radium.

Il résulte de ces expériences que l'injection de sel de radium insoluble a été suivie d'une décharge relativement abondante, mais passagère, de ce sel, après laquelle l'élimination est devenue remarquablement faible en suivant une progression décroissante, laissant une partie du sel fixée dans l'organisme. La radioactivité de cet organisme n'est pas encore disparue plus de 6 mois après l'injection. C'est la démonstration formelle de la radioactivité persistante du sang, partant de l'organisme tout entier, consécutive à l'injection intraveineuse de sulfate de radium insoluble.

Conclusion. — Une certaine quantité de sulfate de radium reste donc en circulation dans l'organisme de l'animal ayant servi de sujet d'expérience.

Ce sel de radium en circulation dégage de l'émanation qui diffuse dans le milieu sanguin et se laisse transporter dans toute l'économie. A cette source il convient d'ajouter l'émanation qui naît des particules fixées dans les différents tissus, poumons, foie, etc., qui en sont autant de foyers producteurs.

Il est logique de supposer que cette diffusion prolongée d'émanation est capable d'agir sur la constitution intime des tissus et d'en changer la physiologie. Ces transformations semblent peu accusées chez l'animal normal, mais elles sont susceptibles de modifier les tissus et liquides organiques, notamment le sérum, au point de conférer aux premiers une résistance et aux seconds des propriétés thérapeutiques spéciales.

CHIMIE-PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Action des rayons ultraviolets sur les microorganismes et sur différentes cellules. Étude microchimique.* Note de Mlle **Cernovodeanu** et M. **Victor Henri**, présentée par M. A. Dastre.

Les rayons ultraviolets exerçant une action bactéricide très intense, nous nous sommes demandé si par l'étude microscopique et par les réactions microchimiques on ne pouvait pas déceler des modifications produites dans les microorganismes par ces rayons.

Technique. — Les expériences ont été faites : 1° sur des émulsions aqueuses des microorganismes; 2° sur des préparations desséchées sur lame; 3° sur des préparations desséchées et fixées par la chaleur ou par l'alcool.

On recouvrait une moitié de la lame avec un carton noir ou un verre et l'autre moitié avec une lame en quartz et l'on exposait ainsi aux rayons ultraviolets émis par une lampe à arc de mercure. De cette façon on rendait les conditions d'aération, de température et de coloration absolument comparables pour les parties normales et celles qui avaient subi l'action des rayons.

Résultats. — 1° *Examen ultramicroscopique à l'état frais.* — En faisant agir les rayons sur des organismes assez gros, tels que des Paramécies et sur des globules blancs, et en étudiant l'aspect à l'ultramicroscope on voit nettement que le protoplasma après exposition aux rayons devient plus granuleux, il apparaît bien plus brillant à l'ultramicroscope. Un changement d'aspect absolument de même genre s'obtient sur l'albumine d'œuf et sur les albuminoïdes du plasma sanguin exposés aux rayons. Ces changements correspondent à un commencement de coagulation.

2° *Fixation des éléments par les rayons ultraviolets. Les microbes et les éléments cellulaires les plus différents sont fixés lorsqu'on les expose aux rayons ultraviolets.* — Nous avons observé cette fixation pour les microbes (B. typhique, B. coli, staphylocoque doré, streptocoque, B. charbonneux, B. tétanique, B. subtilis, B. de la phléole, B. tuberculeux), les spirilles (de l'eau et de la syphilis), les amibes (d'une infusion de foin en culture pure mixte), les trypanosomes (Tr. de l'huître, Tr. de la souris-surra), les infusoires (Paramécies), les levures (Sacch. cerevisiæ, Sacch. saturnus), les globules rouges et blancs (sang humain, de souris et de grenouille) et un grand nombre de frottis d'organes.

Cette fixation par les rayons ultraviolets est produite seulement par les rayons qui traversent le quartz et qui ne traversent pas le verre, c'est-à-dire qui ont moins de 3021 comme longueur d'onde. La fixation est localisée très exactement aux points sur lesquels tombent les rayons. On peut le montrer très nettement pour les globules rouges. En effet, si l'on recouvre par un écran une moitié d'une préparation de sang desséchée qu'on expose aux rayons, et si ensuite on met sur la lame une goutte d'eau distillée on voit au microscope que du côté exposé les globules restent absolument intacts, tandis que du côté normal il y a hémolyse immédiate. A la limite de séparation on trouve des globules qui sont à cheval sur la limite et dont seulement une portion a été atteinte par les rayons, on voit alors que seulement cette tranche de globule est fixée; on peut donc ainsi obtenir la fixation seulement d'une portion de globule.

3° *Coloration. Les microbes exposés aux rayons ultraviolets se colorent plus difficilement par toute une série de colorants.* — Nous avons employé le bleu azur II (1 pour 1000 dans l'eau), la rubine S (saturée dans l'eau), l'éosine (1 pour 100 dans l'eau), le violet de gentiane (1 pour 100 dans l'eau), le violet de gentiane phéniqué, la thionine phéniquée et le Ziehl.

Lorsque l'action des rayons est prolongée, on n'arrive plus du tout à colorer les microbes. Le corps microbien apparaît alors comme désagrégé, on obtient des figures de bactériolyse.

Ces changements de coloration s'observent aussi bien pour les microbes exposés en émulsion dans l'eau, que pour les préparations sèches non fixées ou fixées par la chaleur.

Pour des éléments plus gros, tels que des globules rouges de grenouille, on observe après exposition des changements de colorabilité du protoplasme; ainsi, par exemple, le bleu azur II, colorant très peu le protoplasme des globules normaux, le colore fortement en bleu après exposition de ces globules.

Certains éléments, tels que des spores qui normalement ne se colorent pas par les colorants précédents, sans mordançage préalable, prennent ces colorants directement après exposition aux rayons.

4° *Réaction de Gram. Les microbes qui prennent le Gram ne le prennent plus après l'action des rayons ultraviolets.* — Nous avons obtenu ce résultat d'une façon absolument constante pour les microbes suivants : B. charbonneux, staphylocoque, streptocoque, B. subtilis, B. tétanique, B. tuberculeux et pour les levures.

Le résultat est le même lorsque les microbes sont exposés en émulsion ou lorsqu'ils le sont desséchés sur lame.

Cette perte de la réaction de Gram est un nouvel argument en faveur de l'action directe des rayons sur les microbes; en effet, l'eau oxygénée même

en concentration forte ($\frac{1}{100}$ normale pendant $\frac{1}{2}$ heure) ne modifie pas la réaction de Gram.

5° *Acido-résistance. Les microbes de la tuberculose et de la phléole perdent la réaction de l'acido-résistance après l'exposition aux rayons.* — Cette perte de l'acido-résistance ne s'obtient que si l'on expose ces microbes à l'état sec. Si, au contraire, on fait agir les rayons sur les émulsions aqueuses, la réaction d'acido-résistance subsiste.

En résumé, les rayons ultraviolets produisent dans le protoplasme des transformations chimiques et physiques qui modifient complètement toutes les réactions de coloration. Cette action des rayons est bien différente de celle de la chaleur, de celle de l'eau oxygénée et des fixateurs ordinaires.

HISTOLOGIE. — *Activité de la gaine de myéline dans les nerfs en état de survie.* Note (¹) de M. **J. Nageotte**, présentée par M. Henneguy.

Lorsqu'un fragment de tissu est séparé de l'organisme et conservé aseptiquement dans un milieu convenable, les éléments survivent quelque temps, puis subissent la nécrobiose, avant que se produisent les phénomènes chimiques de l'autolyse proprement dite. Pendant la période de survie, qui ne dépasse guère 24 heures à 38°, les tubes nerveux se segmentent par un procédé identique à celui que j'ai décrit dans la dégénération wallérienne; mais, dans le nerf séparé, la fragmentation est plus rapide, elle commence dès la cinquième heure.

La dégénération du nerf séparé permet d'étudier les facteurs qui l'influencent; on peut constater ainsi que l'activité de la myéline est soumise aux lois qui régissent la vie en général.

La segmentation se produit dans l'eau salée physiologique aussi bien que dans le sérum sanguin; elle évolue à la température ambiante (Lapin, Cobaye), mais le séjour à 38° l'active beaucoup. Presque nulle à 0°, elle est supprimée par le chauffage à 45°, par les solutions hypotoniques ou hypertoniques de chlorure de sodium, par la privation absolue d'oxygène, par l'acidité ou l'alcalinité du milieu (acides organiques à $\frac{1}{1000}$, soude à $\frac{1}{1000}$). Dans une solution isotonique de sulfate de soude, elle ne se produit pas; les poisons l'empêchent, lorsque leur concentration est suffisante : bile à $\frac{1}{10}$, chlorhydrate de cocaïne et sulfate de strychnine à $\frac{1}{100}$, sulfate de quinine basique à saturation, eau chloroformée diluée à $\frac{1}{10}$.

(¹) Présentée dans la séance du 7 mars 1910.

D'autre part, si l'on projette dans l'eau une solution alcoolique de myéline chimique [1], on obtient, par l'effet de la tension superficielle, des



Fibres nerveuses en état de survie, conservées à l'étuve dans l'eau salée physiologique : I, fibre nerveuse du Cobaye, 5 heures après la séparation d'avec l'organisme; N, noyau d'une cellule de Schwann, entouré de granulations protoplasmiques colorées au rouge neutre; II, fibre nerveuse du Lapin, après une survie de 24 heures.

sphères et des cylindres creux à parois feuilletées, qui s'étirent et se divisent par étranglement, pour donner des figures qui simulent étonnamment des aspects observés dans la segmentation de la gaine des tubes nerveux.

---

(1) Je remercie MM. A. Mayer et Schæffer qui m'ont procuré un échantillon de myéline chimiquement pure.

Pourtant ces formations artificielles, si compliquées soient-elles, diffèrent de la myéline vivante; celle-ci possède, en effet, une *organisation* qui s'accuse à l'état frais par la présence des incisures de Schmidt-Lanterman, se maintient pendant la segmentation et évolue en s'adaptant successivement aux formes acquises; les gouttelettes de myéline chimique, au contraire, présentent en tous leurs points une *texture* feuilletée uniforme. En un mot il existe, entre les deux formations envisagées ici, la différence, non pas d'essence, mais de complexité qui sépare la matière vivante des substances inanimées.

De ce qui précède je crois pouvoir conclure que la gaine de myéline des nerfs n'est pas un isolant inerte, mais une substance vivante, d'une nature spéciale, caractérisée par sa richesse exceptionnelle en graisse. Pendant la dégénération wallérienne et au début de l'autolyse, la forme de son activité est gouvernée surtout par les propriétés physiques de son constituant principal, la myéline chimique. Lorsque le nerf sectionné reste en place, la mort de la gaine de myéline ne s'achève que dans une phase avancée, lorsque le cylindraxe est complètement résorbé; dans l'autolyse, au contraire, la cessation de l'activité de la myéline coïncide avec la mort du tissu tout entier, qui survient rapidement.

J'ai pu me convaincre que la segmentation de la myéline ne joue aucun rôle dans le morcellement du cylindraxe, qui est un phénomène primitif; la myéline ne fait qu'envelopper les fragments, lorsqu'ils se sont formés par un processus complexe, qui mérite d'être étudié séparément.

Quant à la cause première de la segmentation et de la disparition de la myéline, après section du nerf, elle ne pourra être complètement élucidée que lorsque nous connaîtrons exactement l'histogenèse de cette gaine. Ses relations génétiques avec les cellules de Schwann deviennent de plus en plus improbables, à mesure que l'étude de sa structure progresse; les constatations faites dans la dégénération wallérienne ne suffisent pas, toutefois, à prouver que la gaine de myéline appartient en propre à la substance nerveuse. En effet, si le début des transformations de la gaine se fait bien avant que les cellules de Schwann commencent à réagir, par contre l'activité de la myéline se prolonge longtemps après la nécrose du cylindraxe; les relations entre les trois éléments en présence ne sont donc pas élucidées par des considérations de synchronisme dans la dégénération. Mais, en fin de compte, l'activité de la myéline aboutit à la mort et, pendant toute la durée du processus, les segments de myéline se comportent comme des corps étrangers à l'égard des cellules de Schwann.

Il est donc probable que la gaine de myéline n'appartient pas aux cellules satellites, mais est constituée par une portion du protoplasma nerveux, différenciée en vue de fonctions végétatives ou accessoires, tandis que l'activité spécifique est réservée au cylindraxe. Dans cette conception, les phénomènes de segmentation et de destruction observés à la suite de la section du nerf, tout en étant influencés par la nécrose précoce du cylindraxe, reconnaîtraient pour cause première la séparation effectuée entre la gaine de myéline et la portion nucléée de sa cellule d'origine.

ANATOMIE. — *Le ganglion d'Andersh chez le Phrynosome cornu.* Note de M. **H.-E. Sauvage**, présentée par M. Edmond Perrier.

Près de l'émergence du glosso-pharyngien et du pneumogastrique on voit chez cet Iguanien un gros ganglion de forme grossièrement cordiforme, à pointe dirigée en dehors, fusion du ganglion d'Andersh et du ganglion du pneumogastrique ; la partie antérieure du ganglion appartient au glosso-pharyngien, la partie postérieure au pneumogastrique.

De la partie antérieure du ganglion part une courte branche nerveuse qui se divise de suite en deux. Le rameau inférieur se rend dans les muscles sterno-hyoïdien et omo-hyoïdien ; l'autre rameau, arrivé au niveau de l'hyoïde, se divise lui-même en deux branches ; l'interne se distribue dans l'hyoglosse, donne des rameaux dont le plus antérieur va s'anastomoser avec la branche externe ; celle-ci se termine au menton et présente un petit ganglion d'où partent deux rameaux se rendant au ganglion de Gasser.

Le pneumogastrique part de la partie postérieure du ganglion commun, passe derrière le spinal et le grand hypoglosse, présente un ganglion placé au côté droit, au niveau de l'avant-dernière branche du plexus brachial ; du côté gauche, au niveau de l'antépénultienne branche de ce plexus. Ce ganglion reçoit des filets du grand sympathique qui forme un plexus ; une branche se rend au tiers externe de la branche courbe qui de l'origine du nerf intercostal se réunit à la dernière branche du plexus brachial ; ce ganglion est de forme ovalaire ; de son côté interne partent deux filets très minces et longs qui se rendent au foie ; de la partie postérieure du ganglion part un filet qui passe entre les deuxième et troisième branches du plexus brachial et se rend au poumon.

ZOOLOGIE. — *De l'emploi du dressage comme moyen de recherche psychologique.* Note de M. **P. Hachet-Souplet**, présentée par M. Edmond Perrier.

Définition. — Le dressage est l'éducation donnée par l'homme aux animaux dans le but de les soumettre à ses commandements verbaux ou mimiques.

Le phénomène psychologique caractéristique du dressage est la substitution d'une excitation (geste ou ordre vocal de l'homme) éveillant des sensations représentatives, aux excitations qui, à l'état de nature, font agir les animaux. Cette substitution peut être obtenue soit par simple association de sensations, soit par la méthode de la *persuasion*, c'est-à-dire en faisant appel à l'intelligence du sujet.

Il n'est pas exact de dire que les expériences dans lesquelles un animal est forcé de parcourir un labyrinthe pour trouver sa nourriture et qui permettent de constater qu'il accomplit ce parcours de plus en plus vite, relèvent du dressage proprement dit. En effet, l'homme n'intervient pas directement dans l'apprentissage que fait ici l'animal; et le résultat de cet apprentissage n'est pas l'obéissance à un ordre. Il s'agit donc d'auto-éducation. Mais il y a évidemment grand intérêt à mener parallèlement, et de façon que les unes contrôlent les autres, des expériences d'auto-éducation et des expériences de dressage.

a. Étude des facultés sensorielles. Actes-signaux. — Après avoir appris à un animal à exécuter un acte déterminé quand on lui donne un ordre, on peut substituer à cet ordre une excitation *mesurable* (en créant une association par contiguïté). Dès lors, pour évaluer avec précision l'acuité du sens auquel s'adresse cette excitation, on n'a qu'à provoquer, à plusieurs reprises, l'exécution de l'acte en diminuant chaque fois l'intensité de l'excitation. On arrive ainsi à un minimum au-dessous duquel l'acte-signal ne se reproduit plus ; ce qui indique le seuil de la sensation.

b. Étude des lois des associations. — La méthode de dressage permettant de savoir exactement quelles sont les excitations reçues dans des conditions données par un animal, permettant de connaître leur ordre de succession et de constater leurs effets dynamogènes, est particulièrement précieuse pour l'étude des associations. La *loi de récurrence,* qui a fait l'objet de notre Note du 24 janvier 1910, a été déduite d'expériences de dressage. Un grand nombre de questions peuvent être éclairées d'un jour nouveau, grâce à cette

méthode. Nous croyons, par exemple, avoir établi, en réalisant au moyen du dressage, de véritables *synthèses d'instincts*, qu'un animal peut se créer une industrie, acquérir des mœurs spéciales, utiles à son espèce, *sans en connaître le but*, par associations simples et sans aucun emploi de l'intelligence.

Entre autres expériences de ce genre, nous avons fait naître et développer, chez un Cacatoès, l'instinct du Mégapode constructeur de *tumulus*, en décomposant l'ensemble des mouvements nécessaires à cette construction, ce qui ne laissait aucune apparence d'utilité à chacun d'eux pris séparément.

c. Étude de l'intelligence. — Pour étudier l'intelligence proprement dite, le dresseur peut se servir de la *persuasion*. Ce procédé ne comporte pas d'associations par contiguïté, comme le dressage courant; mais un emploi raisonné de la mimique et de la voix, ayant pour le sujet la valeur d'une *explication* et d'une sollicitation. L'animal n'a, dans ce cas, aucun moyen de se soumettre à la volonté du maître s'il n'a pas *compris* ce qu'on attend de lui. Il y a donc là un critère de l'intelligence.

Priorité. — Nous croyons avoir élaboré, le premier, une méthode pratique de recherches basée sur le dressage et permettant d'embrasser l'ensemble des *facultés psychiques des animaux*.

Les quelques pages consacrées par J. Lubbock aux prouesses de son chien (qui aurait appris seul la lecture!) n'ont rapport qu'à une sorte d'auto-éducation d'ailleurs bien hypothétique. L'éminent biologiste anglais n'a jamais appliqué à son chien les moyens du dressage ordinaire, puisqu'il les ignorait complètement; il a même manifesté l'intention de s'en passer en écrivant que, dans ses expériences : « On laissait le chien agir à sa guise ». Il ne s'agit pas davantage dans ces expériences de *persuasion*, puisque ce procédé explicatif est un moyen d'éducation et que Lubbock n'en cherchait pas. D'ailleurs, dans nos expériences de persuasion, au lieu de considérer comme lui ce que l'animal, instruit par sa propre expérience, pourra faire de plus ou moins compliqué, nous n'avons jamais eu en vue que l'efficacité des moyens explicatifs d'éducation pour dresser les animaux à exécuter des actes absolument quelconques, mais qu'ils ne peuvent réaliser que *s'ils ont compris l'idée du dresseur*. Il y a là une distinction tranchée qui a échappé à nombre de psychologues.

Notre plan général d'étude de dressage scientifique auquel Ed. Claparède fait allusion dans sa *Revue des méthodes en psychologie zoologique* ([1]) ne date pas de 1900, comme le dit, par erreur, cet auteur; il se trouve dans notre *Dressage des animaux* (1896), et a paru deux ans avant la publication des premiers travaux de Thorndike, qui n'ont d'ailleurs qu'une parenté lointaine avec les nôtres.

([1]) *Congrès de Francfort-sur-le-Mein*, avril 1908.

ENTOMOLOGIE. — *Considérations générales sur les tubes de Malpighi des larves de Lépidoptères.* Note [1] de M. L. **Bordas**, présentée par M. Edmond Perrier.

L. Dufour (1843), de Leydig (1859), de Schindler (1878), de Cholodkovsky (1887), de Veneziani (1905), etc. se sont occupés des tubes de Malpighi des insectes. En 1895, dans un Mémoire sur les vaisseaux de Malpighi des Hyménoptères, nous avons constaté que, chez les larves, ces organes sont toujours au nombre de *quatre*, qu'ils sont d'origine ectodermique et proviennent de diverticules de l'intestin terminal [2]. Cette nouvelle étude porte sur les familles suivantes de Lépidoptères : *Nymphalidæ*, *Sphingidæ*, *Arctiidæ*, *Cossidæ*, *Liparidæ*, *Saturnidæ*, *Cymatophoridæ*, *Notodontidæ*, *Noctuidæ* et *Tortricidæ* [3].

Les tubes de Malpighi des Chenilles de Papillons sont partout au nombre de *six* (sauf chez les *Carpocapsa pomonella*, où il n'y en a que quatre), disposés en deux groupes de trois, de chaque côté de l'origine de l'intestin terminal. Les deux canaux collecteurs latéraux qui partent des deux vésicules urinaires, ont leurs orifices terminaux opposés et situés aux extrémités d'un même diamètre. Chez la plupart des larves de Lépidoptères, les tubes de Malpighi sont irréguliers et variqueux, rarement cylindriques; parfois, on rencontre, chez la même espèce, les deux dispositions : la première partie du canal est à peu près régulièrement tubuleuse, tandis que le reste de l'organe est moniliforme.

Chez la larve de *Vanessa Io* L., les vaisseaux de Malpighi débutent, de chaque côté de l'extrémité antérieure de l'intestin terminal, par un tronc très court, qui se dilate brusquement et forme une grosse vésicule ovoïde, ayant à peu près $1^{mm},5$ suivant son grand axe. Ses parois sont pourvues de quelques fibrilles musculaires entrecoisées et sa cavité, à certains moments, est remplie d'une multitude de concrétions cristallines. L'extrémité vésiculaire distale se continue par un tube recourbé en arc qui se ramifie tout d'abord et donne le vaisseau situé sous l'intestin moyen.

L'autre branche, un peu plus large que la précédente, ne tarde pas à se bifurquer à son tour et à fournir les deux vaisseaux malpighiens qui cheminent à la face supérieure du canal intestinal. Dans la première partie de leur trajet, ces tubes présentent une forme à peu près régulièrement cylindrique, et ce n'est que dans leur moitié distale

---

(1) Présentée dans la séance du 28 février 1910.

(2) V. L. Bordas, *Les tubes de Malpighi des Hyménoptères* (*Bulletin scientifique de la France et de la Belgique*, t. XXVI, 4 pl., 1895, p. 1 à 40).

(3) Les quelques considérations générales de cette Note font l'objet d'un travail plus complet, actuellement en cours d'exécution.

qu'ils deviennent sinueux, prennent des contours irréguliers et une apparence moniliforme.

Chez les chenilles d'*Acherontia atropos* L. et de *Sphinx convolvuli* L. on trouve que les renflements latéraux des tubes de Malpighi sont beaucoup plus accentués que dans la *Vanessa Io* : ils affectent la forme soit de courts cœcums, soit de ramuscules à extrémité hémisphérique insérés perpendiculairement au tronc principal. Les vaisseaux malpighiens du *Sphinx convolvuli*, cylindriques au début, ne tardent pas à devenir variqueux : ce sont tout d'abord de petites éminences latérales, des cœcums coniques espacés de distance en distance ; puis, peu à peu, les bourrelets augmentent en nombre et en volume, deviennent cylindriques, tantôt courts, tantôt plus ou moins longs, donnant à chaque organe la forme d'une corde à nœuds. Au fur et à mesure qu'on se rapproche de l'extrémité postérieure du corps, les tubes paraissent hérissés latéralement de petites digitations cylindriques, dont la hauteur est supérieure au diamètre du vaisseau et placées perpendiculairement à ce dernier. Ces éminences latérales sont dues, ainsi que l'indiquent des coupes transversales, à des évaginations digitiformes de la cavité interne des tubes urinaires.

Les vaisseaux malpighiens, dans leur première partie, cylindrique, ont une teinte terne ou légèrement blanchâtre ; tandis que, dans leur région irrégulière, moniliforme et à appendices latéraux, ils sont fortement colorés en jaune plus ou moins foncé.

Chez les larves de *Spilosoma fuliginosa* L. et de l'*Arctia caja* la vessie urinaire comprend deux renflements ovoïdes réunis par un pédicule cylindrique très court, et c'est du sommet du renflement distal que partent les tubes de Malpighi. Ceux-ci sont cylindriques dans leur premier tiers et variqueux dans leurs deux tiers postérieurs. Le réservoir collecteur des larves de *Pleretes matronula* L. est simple, piriforme, et se continue, à ses deux extrémités, par deux appendices tubuleux, dont l'antérieur se divise en trois branches formant les tubes de Malpighi. Ces derniers étaient, chez les larves que nous avons examinées, littéralement remplis de concrétions cristallines. Les tubes de Malpighi larvaires de *Cnetocampa*, de *Pygæra*, de *Stauropus*, d'*Asphalia*, etc. sont sinueux, moniliformes, et les cœcums latéraux existent sur toute leur longueur (*Cnetocampa*, *Phalera*, etc.) ; le réservoir est généralement ovoïde ou parfois sphérique.

Enfin, chez les larves de *Carpocapsa pomonella* Fr., qui ne possèdent que *quatre* tubes de Malpighi, les deux vaisseaux urinaires de chaque côté, avant de déboucher à l'origine de l'intestin terminal, se fusionnent, en un tronc très court.

Au point de vue *histologique*, les tubes de Malpighi des larves de Lépidoptères comprennent, de dehors en dedans :

1° Une *membrane péritonéale externe* très ténue, pourvue de distance en distance de petits noyaux aplatis, et contenant quelques fibrilles élastiques à direction oblique; 2° une *membrane basilaire*, également très mince, servant de support aux cellules glandulaires sous-jacentes; 3° l'*épithélium sécréteur*. Ce dernier est constitué par

de grosses cellules polygonales, à bord interne conique ou rectiligne et limitant un lumen généralement irrégulier. Les noyaux sont ovales ou allongés, mais généralement irréguliers et ramifiés; ils portent des ramuscules latéraux courts et terminés par une extrémité renflée (*Arctia*, *Sphinx*, *Cnetocampa*, *Plerétes*, *Spilosoma*, etc.). Ceux des larves d'*Agrostis* sont très ramifiés et comparables aux noyaux des glandes séricigènes. Le prostoplasme est finement granuleux du côté interne de la cellule et légèrement strié vers sa région externe. Il contient les produits de sécrétion. Ces derniers, sous forme de productions cristallines, sont très abondants, non seulement dans les éléments épithéliaux, mais remplissent même parfois la cavité du vaisseau, de façon à donner à la glande l'apparence d'un cordon rigide. Enfin, du côté interne, en regard du lumen, l'épithélium est recouvert *d'une bordure ciliée en brosse*, très caractéristique, et existant dans tous les tubes. Ces cils sont généralement plus longs au sommet des cellules que dans les intervalles de ces dernières.

Le *réservoir urinaire* présente à peu près la même structure histologique que les vaisseaux malpighiens, avec cette différence que les cellules sont aplaties, rectangulaires, et les cils plus courts; de plus, sous la membrane péritonéale externe on trouve quelques fibrilles musculaires à directions circulaire (externes) et oblique (internes). Tous les tubes de Malpighi sont parcourus par de nombreux filaments trachéens, dont les derniers ramuscules traversent la *tunica* externe et pénètrent même entre les cellules.

Comme *produits solides*, nous avons rencontré, dans les tubes de Malpighi, des larves de Lépidoptères, des cristaux d'acide urique, des cristaux d'urate de soude, d'ammoniaque, d'oxalate de chaux, et surtout, en abondance, des concrétions cristallines de carbonate de chaux.

ZOOLOGIE. — *Sur l'existence et les conditions de la parthénogenèse chez* Dinophilus. Note de M. **Paul de Beauchamp**, présentée par M. Yves Delage.

On sait depuis près de trente ans que, tandis que, dans certaines espèces du genre *Dinophilus* les individus des deux sexes sont tout à fait semblables, il existe dans d'autres un dimorphisme extrêmement accentué, le mâle étant aussi petit et aussi rudimentaire que les plus dégradés des mâles de Rotifères (tandis que la femelle est beaucoup plus grosse que les femelles correspondantes). Dans ce dernier groupe, le nanisme des mâles est lié à l'existence de la parthénogenèse; chez *Dinophilus*, tous les auteurs qui ont effleuré cette question ont affirmé l'absence de celle-ci, sans qu'aucun semble avoir fait des expériences pour la prouver.

Cette allégation repose sans doute simplement sur la présence simultanée, à peu près constante, dans les cocons pondus par ces animaux, d'œufs des deux sexes, aisément reconnaissables à la différence de leur taille; mais les œufs mâles sont presque toujours en nombre plus petit, parfois beaucoup plus petit. Ayant entrepris dans un autre but (détermination du sexe) des cultures de *Dinophilus Conklini* Nelson, espèce que j'ai pu me procurer à Roscoff, je n'ai pas tardé à être frappé d'un fait: malgré cette disproportion et bien que le mâle soit évidemment trop petit pour suffire à plusieurs coïts, toutes les femelles provenant d'une même ponte isolée pondent des œufs qui se développent à leur tour normalement. La taille et la fragilité des mâles rendent l'accouplement presque impossible à constater; pour prouver la parthénogenèse que je considérais dès lors comme probable, il fallait donc détruire ou enlever ceux-ci *à l'éclosion même* dans une ponte donnée (car, bien que les femelles mettent une dizaine de jours à atteindre la maturité sexuelle, la possibilité d'une fécondation dans les premières heures de la vie, comme Maupas l'a observée chez l'Hydatine, n'était pas exclue), et isoler aussitôt les femelles. Après quelques insuccès j'ai réussi cette opération et suivi le développement jusqu'à l'éclosion de plusieurs pontes d'individus *incontestablement vierges*.

Je n'ai pu encore répéter cet isolement rigoureux sur plusieurs générations; mais d'après mes cultures imparfaitement isolées, j'affirmerai déjà que la parthénogenèse ne peut se poursuivre que pendant un nombre très restreint de générations, trois ou quatre, semble-t-il; à la dernière apparaissent une série d'anomalies : malformations somatiques (surtout variations dans le nombre des yeux), lenteur plus grande du développement qui s'arrête souvent à un stade infantile. Parfois l'ovaire ne se développe pas chez des animaux ayant la taille adulte, ou dégénère après s'être formé; si les œufs arrivent à être pondus, ils se segmentent irrégulièrement, ou l'embryon, anormal, succombe au plus tard à l'éclosion. Tous ces phénomènes sont évidemment liés à l'absence d'amphimixie, et leur côté cytologique sera très intéressant à étudier; il est vraisemblabe que le nombre des chromosomes est très au-dessous de la normale dans cette dernière génération. Je puis déjà affirmer que les œufs femelles vierges émettent, comme les autres, deux globules polaires (en réalité trois par division du premier). Il m'a paru aussi qu'une femelle d'avant-dernière génération, dont les œufs donnaient des femelles stériles, pouvait être fertilisée et faire souche à nouveau d'individus féconds.

En résumé, au dimorphisme sexuel est lié, dans l'espèce considérée, l'existence de la parthénogenèse naturelle (il sera nécessaire d'examiner au même point de vue les *Dinophilus* non dimorphes); mais cette parthénogenèse qui ne peut que suppléer pendant quelques générations à l'absence des mâles et entraîne en se prolongeant la dégénérescence de la lignée, est beaucoup moins évoluée que chez certains animaux d'eau douce, où elle représente une adaptation spéciale au milieu et où l'œuf fécondé (œuf d'hiver ou de résistance) est différent de l'œuf parthénogénétique. Son intérêt sera précisément d'aider à comprendre la naissance de celle-ci. Il est très remarquable de l'observer chez *Dinophilus*, qu'on ne doit point considérer comme

l'ancêtre des Rotifères (il dérive sans doute d'Annélides déjà bien évoluées, ce qui est peu vraisemblable pour ceux-ci, comme je l'ai dit ailleurs), mais qui présente avec eux une convergence fort nette et peut être regardé aussi au point de vue purement morphologique comme intermédiaire entre eux et les Annélides.

MÉDECINE. — *Sérothérapie de la fièvre typhoïde; résultats cliniques.* Note de MM. A. **Rodet** et **Lagriffoul**, présentée par M. A. Chauveau.

Depuis plusieurs années, nous étudions les propriétés du sérum des animaux immunisés à l'égard du bacille d'Eberth, nous proposant comme objectif la sérothérapie de la fièvre typhoïde. Après avoir essayé divers procédés d'immunisation, nous nous sommes depuis longtemps arrêtés aux injections intraveineuses de bacilles vivants, comme réalisant la condition la plus efficace à conférer rapidement au sérum les propriétés spécifiques les plus multiples; et notamment le sérum ainsi préparé est susceptible, injecté préventivement, de prémunir le cobaye à l'égard d'une dose plus que mortelle de bacilles typhiques vivants injectés dans les veines. C'est surtout une action antitoxique qui est alors en jeu; et elle s'exerce sans mélange d'effets nuisibles, si le sérum a été préparé dans des conditions très précises d'immunisation. Après avoir longuement étudié notre sérum au point de vue expérimental, nous nous sommes cru autorisés à tenter des essais thérapeutiques. Nous ne viserons dans cette Note que les malades dont le traitement par le sérum a été *précoce*, c'est-à-dire auxquels la première injection a été faite *du cinquième au onzième jour de la maladie*.

Le nombre de nos malades ainsi traités précocement est actuellement de 27. Les doses de sérum ont varié de 2^{cm^3} à 10^{cm^3}; 17 malades n'ont reçu qu'une injection; 9 en ont reçu deux; 1 seul a reçu trois injections.

Plusieurs éventualités ont été observées après les injections de sérum. Relevons les plus favorables.

Groupe I de malades. — Une baisse de température s'est brusquement dessinée, au douzième jour de la maladie au plus tard, le lendemain ou le surlendemain de la première injection de sérum. Ce groupe comprend 13 malades, soit 48 pour 100. Chez la plupart d'entre eux, dans 11 cas (soit 40,7 pour 100 de l'ensemble des malades), la défervescence s'est rapidement accentuée, atteignant en 2 à 6 jours l'apyrexie ou un chiffre voisin de l'apyrexie; la maladie a pu être dite *avortée* (sous-groupe I α).

Groupe II. — C'est encore une défervescence brusque, mais notablement plus tar-

dive, survenant seulement après une deuxième injection, du seizième au dix-neuvième jour; ces cas sont au nombre de 5. Si l'on veut réunir ces deux groupes, c'est dans 18 cas (soit 66,7 pour 100) qu'on a observé une chute brusque de température, précocement après la première injection de sérum ou au cours du troisième septénaire après une seconde injection.

Chez un certain nombre de malades, le séro-diagnostic avait donné un résultat négatif. Considérons les résultats limités aux cas où le séro-diagnostic a été pratiqué avant l'administration du sérum et a donné un résultat positif. Ils sont au nombre de 16. De ces 16 cas, 10 (62 pour 100) appartiennent au groupe I défini ci-dessus, dont 9 (56 pour 100) au sous-groupe I α. Par conséquent, le pourcentage des éventualités très favorables, loin de s'abaisser, s'élève si nous nous limitons aux cas ayant eu un séro-diagnostic positif.

La proportion des éventualités heureuses serait encore bien plus élevée si nous considérions à part les malades traités par un certain échantillon de sérum qui a donné des résultats particulièrement favorables.

Les modifications observées dans la courbe thermique ne peuvent pas être mises sur le compte des bains; d'ailleurs, plusieurs des malades qui ont présenté l'évolution la plus heureuse n'ont pas été baignés.

Les chutes de température ont toujours traduit, du moins lorsqu'elles ont été soutenues, une amélioration générale, c'est-à-dire se sont toujours accompagnées d'un amendement des autres symptômes. Signalons, comme particularité digne d'attention, la polyurie, pouvant atteindre par jour 3^l à 5^l en l'absence de bains froids.

Sur les 27 malades de cette première statistique limitée au traitement précoce, nous avons eu 2 morts : mort subite en pleine convalescence chez une malade qui avait présenté une évolution assez favorable (groupe II); mort presque subite dans un accès de collapsus cardiaque survenu au sortir d'un bain chez un malade atteint d'une grave lésion cardiaque d'ancienne date. Pour ce dernier malade, la séro-réaction avait été négative; pour le premier elle n'avait pas été pratiquée.

Nous insistons sur la fréquence des améliorations rapides à la suite des injections de sérum. Négligeant les cas où la guérison a succédé à une évolution plus ou moins favorable, nous signalons ce fait, que la maladie a tourné court, au douzième jour au plus tard, dans une forte proportion de cas. Dans un lot de cas de fièvre typhoïde pris au hasard, en des lieux et à des dates multiples, voit-on jamais une proportion aussi élevée de formes abortives? Il nous paraît certain qu'il y a dans nos faits autre chose qu'une simple coïnci-

dence, et nous interprétons nos résultats en disant que notre sérum, s'il est administré à un malade atteint de fièvre typhoïde d'une façon suffisamment hâtive, au onzième jour au plus tard, est susceptible d'influencer très favorablement la maladie et d'en abréger la durée.

PATHOLOGIE. — *Influence des atmosphères viciées sur la vitalité des microbes.* Note de MM. **A. Trillat** et **Sauton**, présentée par M. A. Laveran.

La présence dans l'air de certains gaz provenant de la putréfaction animale ou végétale exerce, sur la vitalité des germes pathogènes qui y sont exposés, les mêmes influences protectrices ou microbicides que dans le cas de la levure alcoolique (*Comptes rendus*, 15 novembre 1909).

Poursuivant ce travail, nous avons étudié sur quelques microbes l'action de l'air vicié par la présence de gaz d'origines très diverses, provenant de la décomposition de matières animales ou végétales, de vases marécageuses d'eaux d'égout, etc. Les résultats obtenus, étant dans le même sens, quoique d'intensité différente, malgré la diversité des modes opératoires suivis, nous nous bornerons dans cette Note, à titre d'exemple, à résumer nos essais effectués sur quelques microbes pathogènes, dans un cas bien défini, dont le principe consistait à exposer ces germes à l'influence de gaz dégagés par un bouillon de bœuf, ensemencé par le *B. vulgaris;* cette méthode permet de reproduire les mêmes conditions d'expérience.

Nous ferons remarquer, tout d'abord, que cette influence protectrice se manifeste d'autant plus nettement, que les microbes exposés sont plus atténués et plus privés de leur substratum nutritif.

Voici le mode opératoire suivi pour l'étude du bacille diphtérique.

On fait une émulsion très étendue dans l'eau physiologique, ou même l'eau distillée, d'un raclage de culture jeune du bacille diphtérique sur sérum. On laisse déposer pendant 5 minutes les parties lourdes et, au moyen d'une pipette effilée, on aspire le liquide à peine louche; on le répartit sur des bandes de papier que l'on suspend dans des ballons stérilisés de 2^l, contenant, les uns (témoins), de l'eau ou du bouillon stérile, les autres (essais), le même bouillon que l'on ensemence largement, à ce moment, par le *B. vulgaris*. Tous les ballons sont placés à l'étuve à 37°-38° : après un certain nombre d'heures, les bandes sont retirées et ensemencées dans 10^{cm^3} d'un liquide nutritif, selon la méthode habituelle; on note la différence de temps dans l'apparition du développement de la culture.

Comme on le voit, les témoins et les essais se trouvent dans des conditions rigou-

reusement identiques de température, d'humidité et de durée d'exposition. Ils ne diffèrent entre eux que par la présence ou l'absence, dans l'air des ballons, du gaz dégagé en faibles proportions par le liquide en décomposition. Le dosage de l'alcalinité de l'atmosphère des ballons, évaluée en ammoniaque quand on pouvait la constater par le déplacement de plusieurs litres dans une solution titrée, ne dépassait pas $0^{mg},02$ par litre. (L'étude de la composition de ces gaz fera l'objet d'un travail à part.)

Le Tableau ci-dessous résume nos résultats; ils ont comporté 120 observations sur 10 séries, comprenant chacune 6 témoins et 6 essais. Nous y joignons les résultats des bacilles typhique et pesteux, pour l'étude desquels on a suivi un mode opératoire analogue.

Bacille diphtérique.

(Exposition variant de 6 à 36 heures.)

I. Les essais cultivent plus rapidement que les témoins.

Observations après	Témoins ayant cultivé.	Essais ayant cultivé.
	p. 100.	p. 100.
24 heures...	0	28
48 heures...	10	50
3 jours....	30	87

II. Essais dans lesquels les témoins très atténués ne cultivent plus.

Observations après	Témoins ayant cultivé.	Essais ayant cultivé.
	p. 100.	p. 100.
48 heures...	0	35
3 jours....	0	50
4 jours....	0	83
5 jours....	0	100

III.

Bacille typhique.

(Exposition variant de 12 à 36 heures.)

Les essais poussent plus rapidement.

Observations après	Témoins ayant cultivé.	Essais ayant cultivé.
	p. 100.	p. 100.
6 heures..............	20	65
18 heures.............	68	90
24 heures.............	85	100
48 heures.............	100	

Bacille de la peste (1).

IV.

Observations après	Témoins ayant cultivé.	Essais ayant cultivé.
	p. 100.	p. 100.
24 heures...	0	62
48 heures...	36	100
3 jours	75	

V.

Observations après	Témoins ayant cultivé.	Essais ayant cultivé.
	p. 100.	p. 100.
24 heures...	0	50
48 heures...	0	75
3 jours	0	88
8 jours	0	

Une exposition trop prolongée ou un excès de gaz putride donne des effets nettement antiseptiques (2).

La différence du développement de culture est mise aussi en évidence, si l'on procède par numération des colonies. Ainsi, dans le Tableau III, la numération des colonies provenant des bouillons ensemencés a donné :

	Colonies fournies par une goutte de bouillon provenant des microbes exposés.	
	Après 2 heures.	Après 4 heures.
Air vicié..............	0	480
Air normal............	0	0

L'inspection de ce Tableau montre que l'exposition dans l'atmosphère des ballons d'essais a non seulement permis aux germes expérimentés de cultiver plus rapidement (Tableaux I, III, IV), mais elle a prolongé leur longévité quand ils ont été convenablement atténués (Tableaux II, V).

L'influence du milieu gazeux varie avec la nature du germe : ainsi, dans nos conditions d'expérience, elle est moins nette pour le bacille typhique que pour le bacille diphtérique ou la peste. Inversement, d'autres essais ont montré que l'influence exercée sur le même germe variait selon la nature

---

(1) Les expériences sur la peste ont été faites au laboratoire de M. le Dr Dujardin-Beaumetz, à l'Institut Pasteur.

(2) Nous avons déjà signalé le même résultat pour le cas de la levure alcoolique. Il est à rapprocher de celui de M. Fernbach (*Comptes rendus*, 23 août 1909), qui a reconnu la présence d'un produit volatil antiseptique dans la macération de levure de bière.

du gaz. Toutefois, cette action semble être très générale, puisque, même les produits gazeux de la respiration animale nous ont donné des résultats analogues quoique d'intensité très différente.

Ce qui fait le principal intérêt de ces observations, c'est que les gaz, dont nous avons étudié l'influence favorisante sur des germes atténués, sont précisément ceux qui sont susceptibles de se mélanger communément avec l'air que nous respirons. Au point de vue de l'hygiène auquel nous nous plaçons, ces premiers résultats, qui demandent encore à être confirmés par d'autres expériences, permettent de supposer que les souillures de l'air par ces mêmes gaz, provenant de la décomposition des matières organiques et qui composaient, pour une partie, ce qu'on appelait autrefois les *miasmes*, peuvent, avec le concours d'autres circonstances d'humidité et de température, constituer des atmosphères plus favorables à la protection et à la longévité des germes pathogènes qui y sont véhiculés.

Nous avons précédemment indiqué (*loc. cit.*) que l'hypothèse la plus simple pour expliquer cette influence était d'envisager ces gaz comme étant des aliments à très faibles doses : nous pensons que les essais en cours nous renseigneront plus exactement sur la valeur de cette interprétation.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence du Trias et du Mésojurassique aux environs de Djoulfa* (*Transcaucasie méridionale*). Note de MM. **P.** et **N. Bonnet**, présentée par M. Henri Douvillé.

L'Araxe s'engage à Kyzylvank dans un cañon qui finit à Djoulfa, après un trajet d'une trentaine de kilomètres. Nous avons pu parcourir sa rive gauche (russe), déjà visitée par Abich, puis par Frech et Arthaber, et y constater la présence de formations triasiques à Ammonoïdés, ainsi que du Mésojurassique.

La plus grande partie de la rive russe est constituée, dans la gorge, par une puissante série de calcaires, souvent marneux, se débitant en plaques à surface ondulée, et présentant exactement le caractère du Wellenkalk de l'Europe centrale, comme l'a déjà fait remarquer Mojsisovics. Les couches, fortement inclinées vers le Nord-Est, sont recouvertes, au sommet de la falaise, en discordance angulaire, par le grès rouge nummulitique qui forme le plateau plongeant doucement dans la même direction sous les couches plus récentes.

Il semble que ce soit dans un seul endroit, d'étendue assez restreinte, que les formations plus anciennes sous-jacentes apparaissent au jour au-dessous de ces couches calcaréo-marneuses. Celles-ci émergent du sol dans la gorge de l'Araxe à 3^{km},5 environ à l'ouest de Djoulfa-village, avec une inclinaison de 45° NE, puis s'écartent de la rivière en se renversant au delà de la verticale pour revenir après quelque distance border le lit de la rivière en reprenant leur inclinaison première.

Dans l'espace lenticulaire, long de quelques centaines de mètres, ainsi ménagé entre la rivière d'une part et ces calcaires marneux d'autre part, surgit une série de couches également renversées qui s'adossent en concordance à ces mêmes calcaires.

Nous avons relevé avec détails en cet endroit une coupe de l'ensemble, épais de 1500^m à 2000^m, et c'est là que nous avons pu découvrir, au-dessus des couches à *Otoceras* déjà connues, une formation renfermant des Ammonites triasiques.

La coupe peut être résumée de la manière suivante :

1° La base (près de la rivière) est constituée par des calcaires noirs, dans lesquels nous avons trouvé en particulier *Fusulinella sphærica* Abich et *F. lenticularis* Douv. nettement carbonifériennes.

2° Les couches qui les surmontent, à riche faune permienne déjà bien étudiée, présentent une succession de trois niveaux différenciés. Les *Otoceras* apparaissent ensuite et semblent être compris dans un quatrième niveau indépendant, sans mélange de *Productus* permiens, comme le cas se présente dans l'Himalaya.

3° Suit une formation calcaire rouge, qui apparaît seulement à l'endroit précis par lequel passe notre coupe. Nous y avons trouvé : *a*, à la partie inférieure : des formes identiques à celles décrites par Waagen sous le nom de *Celtites dimorphus*, *C. armatus*, *C. acuteplicatus* (Upper Cerat. limest. de la Salt Range) ; *b*, à la partie supérieure, une forme nouvelle que nous rapprocherons provisoirement de *Danubites nivalis* Diener, en raison de sa dernière loge courte et de son ornementation extérieure rappelant celle de *Tirolites,* mais dont la cloison possède un plus grand nombre d'éléments.

Ces couches semblent devoir être placées dans le Werfénien supérieur ou tout au plus dans le Virglorien inférieur.

4° Viennent enfin, en concordance et continuité avec les niveaux précédents, les calcaires en plaques recouverts en discordance par le grès rouge nummulitique.

Ces calcaires renferment, avec de rares empreintes d'Ammonites, des *Pseudomonotis* du groupe de *Ps. Clarai* Bronn, très semblables à celles des *Subrobustus-beds* du Virglorien indien. Une forme analogue, *Ps.* cf. *Clarai*

(citée par Abich comme *Pecten tortilis* Semen.) avec empreinte douteuse de *Tirolites*, avait été déjà signalée par Mojsisovics dans ces calcaires, mais près de la rivière; le niveau en fut considéré à tort comme différent de la série terminale de la coupe, alors qu'il s'agit en réalité d'une seule et même formation. Toute cette puissante série est d'âge triasique, non seulement en raison des Lamellibranches qu'elle renferme, mais encore en raison de sa position stratigraphique. Il y a donc là un ensemble important de dépôts triasiques se poursuivant dans la plus grande partie de la gorge.

Nous signalerons encore, non loin de Negram, à une petite distance de l'Araxe, la présence de calcaires gris cendré, également fortement inclinés vers le Nord-Est, et paraissant de même recouverts en discordance angulaire par le grès rouge nummulitique. Nous y avons recueilli notamment : *Oppelia subradiata* Sow., *Phylloceras Delongchampsi* Brazil, *Ph. Velaini* Mun., *Ph.* cf. *disputabile* Zitt., *Cœloceras linguiferum* d'Orb., *Parkinsonia Parkinsoni* Sow., *P. Schlœnbachi* Schlippe.

La présence d'*Oppelia subradiata* et de *Phylloceras Delongchampsi* permet de reconnaître en particulier la zone à *Cosmoc. subfurcatum* de Bayeux et des Basses-Alpes. Faute de temps nous n'avons pas encore pu étudier avec détail cette formation non plus que ses relations avec les terrains avoisinants; il nous a paru néanmoins intéressant d'en signaler dès maintenant l'existence, le Mésojurassique étant encore inconnu dans cette région.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de couches à* Ellipsactinia *aux monts Vardussa et sur la zone orientale du flysch d'Étolie en Grèce*. Note de MM. **Const.-A. Ktenas** et **Ph. Négris**, présentée par M. Henri Douvillé.

La zone orientale du flysch d'Étolie de Philippson s'étend, à l'Est, jusqu'aux crêtes calcaires nord-sud des monts Vardussa, dont la plus orientale atteint au Prophète-Élie, 2459^{m}.

Le flysch en question a été considéré par Philippson comme éocène (*Zeit. geol. Ges.*, t. XLII, 1890, p. 155); on observe pourtant au-dessus de lui, à l'ouest des Vardussa, des crêtes calcaires, formées, tantôt de blocs isolés de calcaire gris, tantôt de calcaire clair compact, recouvrant très souvent une formation rouge en forme de calotte. La calotte, y compris la formation rouge, est tantôt à allure tranquille, tantôt au contraire elle est fortement

plissée au-dessus du flysch, dont l'allure tranquille contraste avec celle des formations superposées (chemin de *Palaioxari* à *Artotina*).

La formation rouge se compose de calcaires en plaquettes, souvent rougeâtres, avec jaspes et schistes rouges et bancs bréchoïdes, surtout à la partie inférieure. Ces brèches contiennent souvent des fragments de Rudistes, comme entre *Palaiokatonna* et *Pentaghi* près de *Vathyrevma* et sur le sentier de *Pentaghi* à *Artotina*; on retrouve les mêmes brèches avec Rudistes à *Plessia*, plus au Sud. Des fragments de Rudistes se retrouvent encore dans les blocs isolés de calcaire gris foncé, en sortant du village de Pentaghi, sur le sentier vers Artotina.

Cette formation qui appartient ainsi au Crétacé se développe avec des dimensions considérables pour former les sommets Souphlais et Alogorachi de la crête occidentale des Vardussa.

D'autre part, le calcaire des couches inférieures de la crête orientale des Vardussa, sur le versant ouest du Prophète-Élie, contient des *Ellipsactinia* d'après la détermination de M. H. Douvillé. Le calcaire en question est gris ou jaunâtre et quelquefois bréchoïde, reposant sur du grès. Un autre échantillon, recueilli près de la source *Chaliki*, formant une masse sphéroïdale de 15^{cm} de diamètre, environ, a permis à M. Ph. Skouphos de reconnaître l'*Ellipsactinia ellipsoidea* Steinm. (*Palæontographica*, t. XXV, 1878, p. 116).

Du col qui sépare la crête orientale des Vardussa, de la crête occidentale, on voit reparaître sur le calcaire à *Ellipsactinia* une formation rouge qui pourrait correspondre à la formation crétacée mentionnée plus haut et pourrait ainsi faire admettre pour le calcaire à *Ellipsactinia* un âge jurassique supérieur. Cette question cependant reste indécise, car on constate l'existence de Rudistes et d'*Ellipsactinia* dans le même massif calcaire, celui de *Kontsoros* au nord de Vitrinitsa. Rappelons d'ailleurs qu'au col des Vardussa Neumayr avait trouvé un fragment détaché de Rudiste (*Denkschr. Ak. Wien*, t. XL, 1880, p. 105). En ce qui concerne l'observation de cet auteur, que le calcaire de la crête occidentale plonge sous la formation gréseuse recouverte par le calcaire de la crête orientale, elle ne peut être prise en considération pour fixer l'âge relatif des deux calcaires, parce que le calcaire occidental paraît plutôt pincé dans la formation gréseuse, comme à *Granitsa*.

Les faits que nous venons d'exposer ne sont pas d'accord avec l'âge Éocène admis jusqu'à présent pour le flysch de la zone orientale d'Étolie, à moins d'admettre *des phénomènes tectoniques de charriage*.

En terminant, nous devons signaler l'existence d'une formation éruptive considérable entre *Peutaghi* et *Artotina;* les roches éruptives appartiennent aux familles des gabbro, des spilites et des porphyres.

MINÉRALOGIE. — *Sur le gisement des pechsteins associés aux pyromérides dans l'Esterel.* Note de M. **Albert Michel-Lévy**, présentée par M. Michel Lévy.

L'étude détaillée que je poursuis actuellement des roches du massif permien de l'Esterel me permet de préciser les conditions de gisement des pechsteins signalés dès 1877 par Potier comme un accident de la pyroméride ; d'après cet auteur, *ils forment des veines dans la pyroméride à la colle* (colline) *de Grane, près Fréjus* (Notice de la feuille d'Antibes) ; il y en aurait *trois veines principales, se ramifiant à l'infini, sans qu'on puisse dire que ces veines coupent cette roche ou que le pechstein lui soit postérieur* (*Soc. géol.*, 3e série, t. V, 1876-1877, p. 745).

Je n'ai pas retrouvé de pechstein dans la pyroméride de la colle de Grane ; par contre, je puis indiquer un superbe gisement de ces roches vitreuses remarquables à la colle de la Motte qui succède à cette dernière au Nord-Ouest (crête dominant la rive droite du premier ravin au nord du Gargalon, affluent de la rive gauche du Reyran). Les variétés entièrement vitreuses, noires, vertes et rouges, s'y rencontrent, formant un banc puissant de 5^m à 10^m, que l'on peut suivre, sur 300^m à 400^m de long, entre deux points bas de la colle de la Motte, sur son flanc nord-ouest, à 1^{km} environ à l'est de la vallée du Reyran ; ce banc puissant est à la base de la *coulée* de pyroméride qui paraît être descendue de plusieurs kilomètres au Nord-Est, provenant de dykes avoisinant le mont Vinaigre ; il repose directement sur des schistes verdâtres et des arkoses fines, silicifiées et se délitant au plaquettes, riches en mica blanc clastique et contenant des empreintes de plantes, qui paraissent appartenir au sommet du Permien inférieur de Potier. Ces arkoses reposent elles-mêmes sur les puissantes coulées de porphyre pétrosiliceux amarante.

Ce pechstein est un verre trempé, présentant une extrême abondance d'enroulements perlitiques et dans lequel la trempe et le retrait sont dus à un refroidissement brusque de son magma initial; l'analyse, due à M. Pisani, a donné une perte au feu de 7,3 pour 100, qui indique un départ considérable de gaz inclus. [TiO^2 0,1 ; SiO^2 72,2 ; Al^2O^3 10,7 ; $FeO + Fe^2O^3$ 1,7 ; CaO 0,4 ; MgO 0,6 ; K^2O 3,2 ; Na^2O^3 3,9 ; p. f. 7,3. Noms dans la classification américaine : *Persalane, Columbare, x près Alaskose.* Paramètres magmatiques de M. Michel Lévy : $\Phi = 3,9$ *granitodioritique;* $r = 0,8$ *mésopotassique;* $\Psi = 2,8$ *magnésien-ferrique ;* $\Upsilon = 4,2$ *microcalcique.*]

Je crois pouvoir conclure des faits constatés que la production du

pechstein est due ici à l'arrivée de la lave de la pyroméride dans une nappe d'eau locale, probablement un lac de l'époque. Cette hypothèse s'est trouvée confirmée par la découverte de variétés de pyromérides fluidales, contenant de fins lits de verre et passant au pechstein, dans une situation identique, à la base de nombreuses coulées; telles sont les pyromérides pechsteiniques des coulées au sud-est du sommet Pelet (584^{m}), de la crête 300 au sud-ouest de Théoule, du Signal de Théoule (sud de la pointe de l'Aiguille), du sommet 170 à l'ouest des Petits-Caous.

Des variétés analogues paraissent s'être formées à la salbande des *dykes* de pyroméride, à faible profondeur au-dessous des anciennes bouches de sortie; je citerai, comme exemple, la pyroméride vitreuse verte, contre les conglomérats de base du Permien, à la salbande d'un dyke, dans le ravin de Maure-Vieille.

Les variétés de pyroméride à gros sphérolites se rencontrent, dans les coulées, immédiatement au-dessus des pechsteins. Celles à sphérolites très fins sont dans l'épaisseur des coulées, dans les parties supérieures des dykes ou dans les filons minces.

Les filons profonds de pyroméride (ceux que l'on rencontre par exemple dans le gneiss au nord de l'Esterel) sont constitués par une roche porphyrique, moins fluidale, généralement prismée.

En résumé, les pechsteins ne se présentent pas en veinules aberrantes dans la masse des pyromérides, mais ils constituent localement la base des coulées ou les salbandes des dykes. Leur genèse est donc en rapport avec un refroidissement brusque du magma intéressant de ces roches, si riches en gaz inclus qu'elles ont été appelées *explosives* et *vivantes*.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Recherches sur le magnétisme terrestre.* Note de M. **Albert Nodon**, présentée par M. E. Wolf.

Dans une suite d'observations poursuivies depuis plusieurs années, j'ai constaté qu'il se produisait à certaines époques déterminées des variations brusques et rapides dans la direction et dans l'intensité du magnétisme terrestre. Ces variations magnétiques ne sont pas décelées par les magnétomètres habituels, mais elles sont mises en évidence à l'aide d'un magnétomètre d'un modèle spécial, caractérisé par un très faible moment d'inertie.

L'étude des variations brusques et rapides du magnétisme terrestre paraît présenter une réelle importance dans la Physique du globe terrestre et dans la Météorologie, car ces troubles précèdent de 12 à 24 heures l'apparition des grands mouvements atmosphériques, et ils se produisent aux mêmes époques que certaines perturbations solaires, telles que l'apparition ou la disparition de taches ou de facules sur le bord du Soleil, la formation rapide de centres d'activité, ou bien encore leur passage au méridien central.

Lors de ces perturbations, les variations du magnétisme sont très importantes, car l'aiguille du magnétomètre est brusquement projetée vers la direction Est-Ouest, où elle stationne pendant une portion de seconde. L'extrémité Nord est toujours portée vers l'Est dans notre hémisphère. L'aiguille revient rapidement à sa position primitive et le nombre d'oscillations varie de une à quatre par seconde. Leur durée varie, suivant les cas, d'une heure à plusieurs jours.

Les aiguilles aimantées et les magnétomètres ordinaires présentent, pendant ces périodes de perturbations rapides, un certain flottement dans leurs indications, mais leur masse et leur moment d'inertie sont trop considérables pour permettre de les déceler.

Ces perturbations rapides paraissent être d'origine électrique, et leur siège se trouve probablement dans les régions supérieures de l'atmosphère terrestre où elles correspondent à des décharges instantanées et successives dirigées de l'équateur vers les pôles. Elles paraissent également être suivies d'aurores polaires.

Ces perturbations magnétiques sont accompagnées de variations correspondantes dans la charge électrique terrestre, ainsi que j'ai pu le mettre en évidence dans un grand nombre d'observations antérieures.

La relation intime qui paraît exister entre les perturbations électriques de l'atmosphère et les grands mouvements cycloniques semble indiquer que l'origine de ces derniers doit être surtout de nature électrique.

Des observations suivies des perturbations rapides du magnétisme et de la charge terrestre permettront d'établir la loi probable qui relie ces phénomènes aux mouvements cycloniques.

Je signalerai, à titre d'exemple, les dernières perturbations qui ont été enregistrées à Bordeaux.

Le 22 février 1910, de 9^h du matin à midi, des perturbations se produisent au moment du passage d'un groupe de taches sur le bord ouest du Soleil.

Ces perturbations furent suivies de bourrasques et de mauvais temps du 24 au 27 février.

Le 7 mars, des perturbations analogues correspondirent à la disparition de taches sur le bord ouest du Soleil, et le 9 mars à l'apparition de taches sur le bord est. Elles furent suivies de troubles atmosphériques et de baisse barométrique du 10 au 12 mars.

J'ai établi le nouveau magnétomètre cité précédemment, avec le concours de M. Philippot, constructeur d'appareils de précision à Bordeaux.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les anomalies de la répartition de la pression atmosphérique aux États-Unis.* Note de M. **Henryk Arctowski.**

Les corrélations qui existent entre les variations climatiques et les récoltes nous permettent de croire que l'étude approfondie de la dynamique des climats mènera à des résultats d'application pratique.

Poursuivant mes recherches dans cet ordre d'idées, j'ai abordé l'examen détaillé des variations des moyennes annuelles de la pression atmosphérique.

Utilisant les données des Tables publiées par Sir Norman Lockyer, celles du Mémoire de Bigelow sur la pression atmosphérique aux États-Unis ainsi que les écarts consignés dans les résumés annuels de *Monthly Weather Review*, j'ai formé des Cartes donnant la répartition géographique des écarts, année par année, pour 1876 à 1908.

Ces Cartes, quoique entachées d'erreurs dues au défaut d'homogénéité des séries d'observations d'un certain nombre de stations, démontrent à l'évidence l'existence d'un phénomène excessivement curieux. Les aires d'écarts positifs et d'écarts négatifs sont en effet distribuées par zones qui se déplacent d'année en année, tout comme s'il s'agissait d'une propagation extrêmement lente d'immenses ondes atmosphériques. En calculant les moyennes consécutives, pour un certain nombre de localités, j'ai pu vérifier que, dans les cas examinés, il y a vraiment eu des déplacements progressifs des centres de surplus et de déficit de pression. Le sens suivant lequel les aires d'hyper- et d'hypo-pression se déplacent est généralement de l'Est vers l'Ouest, de l'Atlantique vers l'océan Pacifique. Cependant le phénomène est très compliqué en réalité. Quelques-unes des Cartes annuelles (donnant la distribution des écarts par rapport aux pressions normales) nous montrent en effet, très clairement, l'existence simultanée de deux systèmes d'ondes entrecroisées, venant du nord-est et du sud-est des États-Unis.

Les moyennes consécutives pouvant être calculées jusqu'au dernier mois d'observations, il serait aisé de suivre, d'une façon continue, les changements de la répartition

de la pression atmosphérique, et de se servir éventuellement de ces Cartes pour des prévisions à longue échéance. Cependant, comme ce sont surtout les anomalies du caractère des saisons qu'il importe de connaître, je compte examiner à présent l'influence du passage des aires d'hyper- et d'hypo-pression annuelles sur les valeurs des moyennes mensuelles observées.

Je n'insiste pas sur les corrélations d'opposition des écarts notés en Islande et dans les États du Nord-Est, et je note simplement, pour finir, que les sommes des plus grands écarts, observés aux centres des aires d'hyper- et d'hypo-pression, semblent subir une variation dépendant du cycle des taches solaires.

J'espère pouvoir publier sous peu un compte rendu complet des résultats mentionnés dans cette Note.

M. M. Gandillot adresse un complément à son *Mémoire sur l'audition.*

(Renvoi à l'examen de MM. Violle et Villard.)

A 4 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures un quart.

G. D.